

1	Fertigen von Einzelteilen mit Werkzeugmaschinen	producing of component parts on machine tools	12
	Gesamtauftrag Klemmvorrichtung	overall task clamping device	13
1.1	Drehen	turning	16
1.1.1	Zeichnungsanalyse	drawing analysis	16
1.1.1.1	Genormte Formelemente	standardized contour elements	16
1.1.1.2	Geometrische Tolerierung	geometrical tolerance	20
1.1.2	Zyklengesteuerte Drehmaschinen	cycle-controlled turning machines	23
1.1.2.1	Baueinheiten	components	23
1.1.2.2	Spannmittel	clamping mechanisms	24
1.1.3	Drehwerkzeuge	turning tools	28
1.1.3.1	Wendeschneidplatten	indexable inserts	28
1.1.3.2	Klemmhalter	tool-holder	30
1.1.3.3	Schneidstoffe	cutting materials	31
1.1.4	Dreharbeiten	turning operations	33
1.1.4.1	Außendrehen	external turning	33
1.1.4.2	Innendrehen	internal turning	35
1.1.4.3	Gewindedrehen	thread turning	36
1.1.4.4	Kegeldrehen	taper turning	37
1.1.5	Werkzeugverschleiß	tool wear	39
1.1.6	Kühlschmierstoffe	metal working fluids	41
1.1.7	Längenmessgeräte	length measuring instruments	42
1.1.7.1	Auswahl von Prüfgeräten	selection of testing units	42
1.1.7.2	Endmaße	slip gauges	44
1.1.7.3	Fühlhebelmessgeräte, Feinzeiger	lever gauges, fine pointer	45
1.1.7.4	Feinzeiger-Messschrauben	fine-pointer micrometer caliper	46
1.1.7.5	Innenmessgeräte	internal measuring instruments	46
1.1.7.6	Elektronische Höhenmessgeräte	electronic height indicators	47
1.1.7.7	Koordinatenmessmaschinen	coordinate measuring machines	48
1.1.8	Messgeräte zum Prüfen geometrischer Tolerierungen	measuring instruments for testing of geometrical tolerances	49
1.1.9	Arbeitsplanung Bolzen	work scheduling pins	50
1.1.10	Prüfplanung Bolzen	testing plan clevis pins	53
1.1.11	Herstellkosten	manufacturing costs	54
1.1.11.1	Kostenarten	cost types	54
1.1.11.2	Hauptnutzungszeit	main utilization time	54
1.2	Fräsen	milling	56
1.2.1	Zeichnungsanalyse	drawing analysis	56
1.2.2	Fräsmaschinen	milling machines	57
1.2.3	Werkstückspannsysteme	workpiece clamping devices	59
1.2.3.1	Maschinenschraubstöcke	machine vices	59
1.2.3.2	Schraubspannsysteme	screw clamp systems	61
1.2.4	Fräs- und Bohrwerkzeuge	milling and drilling tools	65
1.2.4.1	Fräser	milling cutter	65
1.2.4.2	Bohrwerkzeuge	drilling tools	68
1.2.5	Fräsarbeiten	milling operations	70
1.2.5.1	Planfräsen	surface milling	70
1.2.5.2	Fräsen von Nuten und Taschen	milling of keyways and pockets	71
1.2.5.3	Fräsen von Absätzen	milling of shoulders	72
1.2.5.4	Bohren	drilling	73
1.2.6	Arbeitsplanung	work scheduling	74
1.2.7	Prüfplanung rechte Klemmbacke	test planning right clamping jaw	76
1.2.8	Berechnung der Hauptnutzungszeit	calculation of main utilization time	77
1.2.9	Sonderfräsvverfahren	special milling processes	79
1.2.9.1	Hochgeschwindigkeitsfräsen	high-speed milling	79
1.2.9.2	Gewindefräsen	thread milling	81
1.3	Schleifen	grinding	82
1.3.1	Schleifverfahren	grinding processes	82
1.3.2	Schleifmaschinen	grinding machines	83

1.3.3	Schleifwerkzeuge	grinding tools	86
1.3.4	Spannen von Schleifscheiben	clamping of grinding wheels	88
1.3.5	Einstellen der Arbeitswerte	setting of work values	89
1.4	Wärmebehandlung von Stahl	heat treatment of steel	92
1.4.1	Härten	hardening	92
1.4.1.1	Randschichthärten	boundary hardening	93
1.4.1.2	Einsatzhärten	case hardening	93
1.4.1.3	Nitrieren	nitride hardening	94
1.4.2	Vergüten	hardening and tempering	94
1.4.3	Glühen	annealing	95

2	Fertigen auf numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen	producing on numerically controlled machine tools	96
----------	---	--	-----------

Gesamtauftrag Schneckenradwelle.	overall task worm gear shaft	97
2.1 CNC-Drehen.	CNC turning.	99
2.1.1 Zeichnungsanalyse.	drawing analysis	99
2.1.2 CNC-Drehmaschinen	CNC turning machines	100
2.1.2.1 Baueinheiten.	components	100
2.1.2.2 Steuerungsarten	methods of control	102
2.1.2.3 Spannmittel	clamping mechanisms.	103
2.1.2.4 Werkzeugvermessung	tool measurement.	104
2.1.3 Einrichten einer CNC-Drehmaschine.	setting up a CNC turning machine	105
2.1.4 Programmierung	programming	107
2.1.4.1 Programmaufbau	program structure.	107
2.1.4.2 Werkzeugbahnkorrektur	compensation of cutter path	111
2.1.4.3 Zyklenprogrammierung	cycle programming.	112
2.1.4.4 Unterprogramme	subprograms.	117
2.1.4.5 Programmabschnittswiederholung	replication of program sections	118
2.1.5 Arbeitsplan	work plan	119
2.1.5.1 Spannplan	clamping plan.	120
2.1.6 Programm Schneckenradwelle.	program worm gear shaft.	120
2.1.7 Optimierung des Fertigungsprozesses	optimization of production method	122
2.1.8 Prüfplan	testing plan	123
Gesamtauftrag Schwenkeinrichtung.	overall task swing device.	127
2.2 CNC-Fräsen	CNC milling	129
2.2.1 Zeichnungsanalyse.	drawing analysis	129
2.2.2 CNC-Fräsmaschinen	CNC milling machines	131
2.2.2.1 Baueinheiten.	units.	131
2.2.2.2 Steuerungsarten	methods of control	133
2.2.2.3 Spannmittel	clamping mechanisms.	134
2.2.2.4 Werkzeugvermessung	tool measurement.	136
2.2.3 Einrichten einer CNC-Fräsmaschine	setting up a CNC milling machine.	138
2.2.4 Programmierung	programming	140
2.2.4.1 Programmaufbau	program structure	140
2.2.4.2 Fräserradiuskorrektur	tool diameter compensation	144
2.2.4.3 Auswahl von Arbeitsebenen.	selection of operating levels.	144
2.2.4.4 Bearbeitungszyklen	working cycles	144
2.2.4.5 Unterprogramme	subprograms.	149
2.2.4.6 Anfahren und Abfahren	start-up and close-down	150
2.2.4.7 Spiegeln	data mirroring	151
2.2.4.8 Skalieren	scaling.	151
2.2.5 Arbeitsplanung Motorplatte	work scheduling motor sheet	154
2.2.6 Programm Motorplatte	program motor sheet	158
2.2.7 Prüfen der Motorplatte	testing motor sheet.	161
2.3 CAD- und CAM-Applikationen zur Erzeugung von CNC-Programmen	CAD and CAM applications for generation of CNC programs	162
2.3.1 Applikationen	Applications	162
2.3.2 Aufbau von CAD/CAM- Anwendungen.	Development of CAD/CAM applicationss	162

3	Überwachen der Produkt- und Prozessqualität	monitoring of product and process quality	166
----------	--	--	------------

Gesamtauftrag Ventile	overall task valves	167
3.1 Statistische Prozessüberwachung	statistical process monitoring	171
3.1.1 Zeichnungsanalyse	drawing analysis	171
3.1.2 Prüfen von Merkmalen	testing characteristics	171

3.1.2.1	Variable und attributive Merkmale	variable and attribute characteristics	171
3.1.2.2	Zufällige und systematische Einflüsse	random and systematic effects	172
3.1.2.3	Prüfarten	testing methods	172
3.1.2.4	Prüfumfang	scope of testing	173
3.1.2.5	Prüfvorrichtungen	testing devices	173
3.1.2.6	Prüfmittelüberwachung	monitoring of test devices	173
3.1.3	Qualitätsregelkarte	quality control chart	176
3.1.3.1	Aufbau der Qualitätsregelkarte	design of quality control chart	176
3.1.3.2	Auswertung der Qualitätsregelkarte	evaluation of quality control chart	178
3.2	Maschinenfähigkeitsuntersuchung	machine capability study	179
3.2.1	Maschinenfähigkeitsindex c_m	machine capability index c_m	180
3.2.2	Kritischer Maschinenfähigkeitsindex c_{mk}	critical machine capability index c_{mk}	181
3.3	Prozessfähigkeitsuntersuchung	process capability study	182
3.3.1	Prozessfähigkeitsindex c_p	process capability index c_p	182
3.3.2	Kritischer Prozessfähigkeitsindex c_{pk}	critical process capability index c_{pk}	183
3.4	Qualität in der Produktion	quality of production	185
3.4.1	Einbindung des Mitarbeiters in das Unternehmen	integration of staff members in the enterprise	185
3.4.2	Qualitätsmanagement	quality management	185

MONTIEREN/DEMONTIEREN

LF 7/10

Montieren/Demontieren: Lernfeldzuordnung	187
--	-----

4	Technisches System – Bearbeitungsstation	engineering system – work station	188
4.1	Systembeschreibung	system description	189
4.2	Funktionseinheiten	functional subassemblies	190
4.3	Montageprozess	mounting process	192
4.4	Passungen	fits	194
4.4.1	ISO-Toleranzen	ISO tolerances	194
4.4.2	Passungsarten	types of fits	195
4.4.3	Passungssysteme	systems of fits	196
5	Stütz- und Trageinheiten	supports and brackets	198
5.1	Gestelle	frames	199
5.2	Schraubenverbindungen	bolted joints	199
5.3	Achsen und Bolzen	axles and pins	204
5.4	Metallschweißen	welding metals	206
5.4.1	Schweißgruppenzeichnungen	weld assembly drawings	206
5.4.2	Schweißverfahren	welding processes	208
5.4.2.1	Lichtbogenhandschweißen	manual arc welding	208
5.4.2.2	Schutzgasschweißen	gas-shielded arc welding	210
5.5	Führungen	guides	212
5.6	Lager	bearings	214
6	Energieübertragungseinheiten	energy transmission units	224
6.1	Riemengetriebe	belt drives	226
6.1.1	Keilriemengetriebe	V-belt drives	226
6.1.2	Zahnriemengetriebe	synchronous belt drives	229
6.2	Kettengetriebe	chain drives	231
6.3	Zahnräder und Zahnradgetriebe	gear drives	234
6.3.1	Stirnradgetriebe	spur gear drives	234
6.3.2	Kegelradgetriebe	bevel gear drives	240
6.3.3	Schneckengetriebe	worm gear drives	242
6.4	Kupplungen	couplings	244
6.5	Wellen	shafts	250
6.6	Welle-Nabe-Verbindungen	shaft-hub-joints	253
6.6.1	Federverbindungen	key joints	253
6.6.2	Keilverbindungen	taper key joints	256
6.6.3	Profilwellenverbindungen	profile-shaft joints	258
6.6.4	Pressverbindungen	press joints	259
6.6.5	Verbindungen durch Spannelemente	joints by clamping parts	261
6.7	Elemente zur Sicherung der axialen Lage	parts for locking axial position	265

6.8	Dichtungen	seals.....	266
7	Montage/Demontage eines Teilsystems	assembling/disassembling a subsystem	272
7.1	Vorbereiten der Instandsetzungsarbeiten	preparing repair work	273
7.2	Zerlegen der Antriebsstation	disassembling the drive unit	274
7.3	Zusammenbau der Antriebsstation	assembling the drive unit	276
7.4	Inbetriebnahme der Antriebsstation	putting the drive unit into operation	277
7.5	Einsatz von Hebezeugen	use of hoisting equipment	278
7.5.1	Krane und Lastaufnahmeeinrichtung	cranes and load handing devices	278
7.5.2	Hubwerke und Tragmittel	lifting units and carry devices	278
7.5.3	Anschlagmittel	slings	279
7.5.4	Lastaufnahmemittel	load handing devices	282
7.5.5	Krantransporte	crane transports	282

INSTANDHALTEN

LF 9/12

Instandhalten: Lernfeldzuordnung	283
8 Instandhaltung	284
8.1 Begriffe der Instandhaltung	terms of maintenance
8.2 Maßnahmen der Instandhaltung	tasks of maintenance
8.2.1 Wartung	maintenance
8.2.2 Inspektion	inspection
8.2.3 Instandsetzung	corrective maintenance
8.2.4 Verbesserung	optimization
8.3 Instandhaltungskosten	maintenance costs
8.4 Instandhaltungsstrategien	maintenance strategies
8.4.1 Ziele und Kriterien der Instandhaltungs- strategien	goals and criteria for maintenance strategies
8.4.2 Ereignisorientierte Instandhaltung	event driven maintenance
8.4.3 Zustandsabhängige Instandhaltung	state driven maintenance
8.4.4 Intervallabhängige Instandhaltung	interval-based maintenance
9 Instandhaltungsplanung	292
9.1 Systembeschreibung	system description
9.2 Wartungs- und Inspektionspläne von Teilsystemen	maintenance and inspection plan of subsystems
9.3 Instandhaltungsplanung für die gesamte Anlage	maintenance planning for the whole plant
9.3.1 Ausfallverhalten	changes of failure frequency
9.3.2 Auswahl der Instandhaltungsstrategie	choice of maintenance strategy
9.4 Erstellen des Instandhaltungsplanes	making a maintenance plan
9.4.1 Grundsätze	basics
9.4.2 Zusammenfassen der Einzelpläne	summarizing of single plans
10 Mechanische Einheiten	302
10.1 Führungen, Abdeckungen und Abstreifer	guides, coverings and wipers
10.2 Riemengetriebe	belt transmission
10.3 Kettengetriebe	chain transmission
10.4 Zahnradgetriebe	gear drives
10.5 Kupplungen	couplings
10.6 Schmierung	lubrication
10.6.1 Schmieranleitung und Schmierverfahren	lubrication chart and methods of lubrication
10.6.2 Schmierstoffe	lubricants
10.6.3 Umgang mit Schmierstoffen	handling of lubricants
11 Hydraulische und pneumatische Einheiten	hydraulic and pneumatic units
11.1 Hydraulische Einheiten	hydraulic units
11.2 Pneumatische Einheiten	pneumatic units

12	Instandhalten der Bearbeitungsstation	maintaining the work station	344
12.1	Ereignisorientiertes Instandhalten	event driven maintenance	345
12.2	Zustandsabhängiges Instandhalten	state driven maintenance	351
12.3	Intervallabhängiges Instandhalten	interval-based maintenance	357
12.4	Auswertung der Instandhaltungs- dokumentation	evaluation of the maintenance documentation	359
13	Schadensanalyse	failure analysis	362
13.1	Schadensbilder	damage symptoms	363
13.2	Schadenshäufigkeit	damage frequency	365
13.3	Werkstoffprüfverfahren	material test methods	366
13.3.1	Zerstörungsfreie Prüfverfahren	non-destructive material tests	366
13.3.1.1	Eindringverfahren	dye penetration test	366
13.3.1.2	Magnetpulverprüfung	magnetic particle test	366
13.3.1.3	Ultraschallprüfung	ultrasonic test	367
13.3.1.4	Durchstrahlungsprüfung	radiographic test	368
13.3.2	Zerstörende Prüfverfahren	destructive material tests	368
13.3.2.1	Zugversuch	tensile test	368
13.3.2.2	Kerbschlagbiegeversuch	impact test	369
13.3.2.3	Härteprüfung	hardness test	370

STEUERN/AUTOMATISIEREN

LF 6/13

Steuern/Automatisieren: Lernfeldzuordnung	373
---	-----

14	Automatisierte Systeme – Montagestation	automated systems – assembly unit	374
14.1	Systembeschreibung	system description	375
14.2	Funktionsbeschreibung	function description	376
14.3	Technologieschema	technology pattern	378
14.4	Funktionsplan – GRAFCET	function chart – GRAFCET	380
15	Steuerung der Montagestation	control of the assembly unit	388
15.1	Aufbau der SPS	arrangement of PLC	389
15.2	Signalverarbeitung in der SPS	signal processing in PLC	393
15.3	Zuordnungslisten	allocation maps	394
15.4	Programmierung der SPS	programming of PLC	395
15.4.1	Programmiersprachen	programming languages	395
15.4.2	Binäre Grundverknüpfungen	binary fundamental combinations	396
15.4.3	Speicherfunktionen	memory functions	399
15.4.4	Zeitfunktionen	timer functions	400
15.5	Strukturierte Programmierung	structured programming	402
15.5.1	Programmierungsumgebung	programming environment	402
15.5.2	Programmstrukturen	program structure	403
15.5.3	STEP 7 Bausteintypen	STEP 7 block types	404
15.5.4	Programmieren von Ablaufsteuerungen	programming of sequential controls	404
15.5.5	Programmierung mit Bausteinen aus Bibliotheken	programming with blocks from libraries	410
16	Pneumatische Einheiten	pneumatic units	416
16.1	Pneumatische Schaltpläne	pneumatic circuit diagrams	417
16.2	Arbeitseinheiten	working units	419
16.2.1	Druckluftzylinder	compressed-air cylinders	419
16.2.2	Lineareinheiten	linear drive units	421
16.2.2.1	Lineareinheiten mit Kolbenstangen	linear drive units with piston rod	422
16.2.2.2	Kolbenstangenlose Lineareinheiten	rodless cylinder for drive units	423
16.2.3	Vakuumsauger	vacuum sucker	424

16.2.4	Druckluftmotoren	compressed-air motors	424
16.3	Steuerungseinheiten	control units	427
16.3.1	Magnetventile	solenoid valves	427
16.3.2	Proportionalventile	proportional valves	430
16.3.2.1	Proportionalwegeventil	proportional direction control valves	430
16.3.2.2	Proportionaldruckregelventil	proportional pressure regulator	430
16.3.3	Ventilinsel	valve terminals	431
16.3.3.1	Pneumatische Ventilblöcke	pneumatic valves	431
16.3.3.2	Elektrische Anschlüsse	electrical connection	431
16.4	Pneumatikleitungen	pneumatic lines	432
16.4.1	Steckschraubverbindungen	plug and screw joints	432
16.4.2	Verbindungen mit Schlauchtülle	joints by hose nipple	436
16.4.3	Schlauchleitungen	hose lines	436
17	Hydraulische Einheiten	hydraulic units	438
17.1	Hydraulische Schaltpläne	hydraulic circuit diagrams	440
17.2	Einheiten zur Energieversorgung	components of power supply section	442
17.2.1	Hydraulikaggregat	hydraulic power unit	442
17.2.2	Hydraulikpumpen	hydraulic pumps	442
17.2.2.1	Zahnradpumpen	gear pumps	442
17.2.2.2	Schraubenpumpen	screw pumps	443
17.2.2.3	Flügelzellenpumpen	vane pumps	443
17.2.2.4	Kolbenpumpen	piston pumps	444
17.2.3	Ölfilter	oil filter	448
17.2.4	Hydrospeicher	hydraulic accumulator	448
17.2.5	Hydraulikflüssigkeiten	hydraulic liquids	449
17.3	Steuerungseinheiten	control units	450
17.3.1	Wegeventile	directional control valves	450
17.3.2	Sperrventile	shut-off valves	451
17.3.3	Druckventile	pressure control valves	452
17.3.3.1	Druckbegrenzungsventile	pressure-relief valves	452
17.3.3.2	Folgeventile	sequence valves	453
17.3.3.3	Druckreduzierventile	pressure reducing valves	453
17.3.4	Stromventile	flow control valves	454
17.3.4.1	Drosselventile	flow control valves	454
17.3.4.2	Sromregelventile	flow control valves	454
17.3.5	Proportionalventile	proportional valves	455
17.3.5.1	Proportionalwegeventile	proportional directional control valves	456
17.3.5.2	Proportionaldruckventile	proportional pressure relief valves	457
17.3.6	Servoventile	servo valves	457
17.4	Antriebseinheiten	drive units	458
17.4.1	Hydraulikzylinder	hydraulic cylinders	458
17.4.1.1	Einfachwirkende Zylinder	single-acting cylinders	458
17.4.1.2	Doppeltwirkende Zylinder	double-acting cylinders	459
17.4.2	Hydromotoren	hydraulic motors	459
17.5	Hydraulikleitungen	hydraulic lines	462
17.5.1	Rohrleitungen	pipelines	463
17.5.2	Schlauchleitungen	hose lines	467
18	Industrieroboter	industrial robots	470
18.1	Teilsysteme	subsystems	471
18.2	Roboterachsen	robot axis	472
18.3	Programmierverfahren	programming procedures	473
18.3.1	ON-LINE-Programmierverfahren	on-line programming procedures	473
18.3.2	OFF-LINE-Programmierverfahren	off-line programming procedures	474
18.4	Programmieren eines Roboters	programming of robots	475
18.4.1	Koordinatensysteme	coordinate systems	475
18.4.2	Bewegungsarten	movement types	476
18.4.3	Programmangaben	types of programs	476
18.4.4	Roboterprogramme	robot programs	477
18.5	Vernetzte Fertigung	networked production	478
18.6	Sicherheitseinrichtungen	safety equipment	478

18.7	Inbetriebnahme	starting up	479
19	Elektrische Einheiten	electric units	480
19.1	Aktoren	actuators	481
19.1.1	Elektromagnetischer Stopper	electromagnetic stopper	481
19.1.2	Gleichstrommotoren	DC motors	483
19.1.3	Drehstrommotoren	three-phase motors	484
19.1.3.1	Drehstrom-Asynchronmotoren	AC induction motors	484
19.1.3.2	Drehstrom-Synchronmotoren	three-phase synchronous motors	486
19.1.4	Universalmotoren	universal motors	486
19.1.5	Sonderbauformen von Motoren	special designs of motors	487
19.1.5.1	Linearmotoren	linear motors	487
19.1.5.2	Servomotoren	servomotors	487
19.1.5.3	Schrittmotoren	stepper motors	487
19.1.6	Einsatz und Kennzeichnung von elektrischen Motoren	use and description of electric motors	488
19.2	Sensoren	sensors	490
19.2.1	Berührende Sensoren	sensors with contact	491
19.2.2	Berührungslose Sensoren	contactless sensors	491
19.2.3	Sensoren zum Erfassen des Druckes	sensors for measuring pressure	494
19.2.4	Sensoren zum Erfassen des Volumenstromes	sensors for measuring volume flow rate	495
19.3	Identifikationssysteme	Identification systems	498
19.3.1	Aufgaben von Identifikationssystemen	Tasks of identification systems	498
19.3.2	Arten von Identifikationssystemen	Types of identification systems	498
19.4	Elektrische Leitungen	electrical lines	502
19.4.1	Energieleitungen	power lines	502
19.4.2	Signalleitungen	signal lines	502
19.4.3	Lichtwellenleiter	optical fibre cables	504
19.5	Schutzmaßnahmen	protective measures	506
19.5.1	Personenschutz	personal protection	506
19.5.2	Schutz von Leitungen und Geräten	line and device protection	507
20	Inbetriebnahme Montagestation	starting up the assembly unit	510
20.1	Tätigkeiten bei der Inbetriebnahme	procedure for system start up	511
20.2	Teilsysteme	subsystems	512
20.2.1	Elektrisches Teilsystem	electrical subsystem	512
20.2.2	Pneumatisches Teilsystem	pneumatic subsystem	513
20.2.3	Hydraulisches Teilsystem	hydraulic subsystem	514
20.2.4	Steuerung	control	515
20.2.5	Gesamtfunktion	overall function	516
20.3	Prüfprotokoll	test protocol	518
	Sachwortverzeichnis	alphabetical technical term index	522
	Bildquellenverzeichnis	picture reference index	543