

Inhaltsverzeichnis

Fertigen mit handgeführten Werkzeugen LF 1		1.2	Schneidstoffe für maschinelles Spanen	49	
		1.2.1	Schnellarbeitsstähle	49	
		1.2.2	Hartmetalle	49	
		1.2.3	Werkzeugbeschichtungen mit polykristallinem Diamant (PKD).....	49	
		1.2.4	Keramische Schneidstoffe	50	
		1.3	Normung von Wendeschneidplatten	50	
Handlungsfeld: Werkstücke durch Spanen und Biegeumformen herstellen.....		11			
1	Einteilung der Fertigungsverfahren	12	2	Fertigen auf Drehmaschinen	51
2	Vorbereitende Arbeiten zur Fertigung von Werkstücken	14	2.1	Drehmaschinen	51
2.1	Anreißen	14	2.2	Einteilung und Benennung der Drehverfahren	52
2.2	Körnen	15	2.3	Drehwerkzeuge	53
3	Verfahren des Trennens	16	2.3.1	Drehmeißelgeometrie	53
3.1	Grundbegriffe zum Zerteilen und Spanen	16	2.3.2	Bauarten von Drehmeißel	55
3.2	Keil als Werkzeugschneide	17	2.4	Spannen u. Stützen der Werkstücke.....	56
3.3	Kraft.....	17	2.4.1	Spannen im Spannfutter	56
3.3.1	Kräftezerlegung am Keil	18	2.4.2	Dehnspanndorne	57
3.3.2	Keilwinkel zur Bearbeitung unterschiedlicher Werkstoffe	18	2.4.3	Spannen in Spannzangen	57
3.4	Zerteilen durch Scherschneiden	19	2.4.4	Selbstzentrierende Lünetten	57
3.4.1	Scherschneiden.....	19	2.5	Spezielle Drehverfahren	58
3.4.2	Scherenarten	20	2.6	Einflussgrößen auf die Oberflächenbeschaffenheit beim Drehen	60
4	Spanen von Hand und mit einfachen Maschinen	22	2.7	Bestimmen von Arbeitsgrößen zum Drehen	61
4.1	Sägen	23	2.7.1	Wahl der Schnittgeschwindigkeit und Berechnung der Umdrehungsfrequenz	61
4.2	Feilen	25	2.7.2	Bestimmung der Schnittwerte für einen Auftrag.....	62
4.3	Bohren	27	2.7.3	Berechnung der Hauptnutzungszeit.....	64
4.3.1	Spiralbohrer	27	2.7.4	Berechnung der Schnittkraft.....	65
4.3.2	Bohrmaschinen	28	2.7.5	Berechnung der Schnittleistung.....	65
4.3.3	Einspannen der Werkstücke beim Bohren....	29	3	Fertigen auf Fräsmaschinen	66
4.3.4	Sicherheitshinweise zum Bohren	29	3.1	Fräsmaschinen	66
4.3.5	Berechnung von Schnittdaten zum Bohren..	30	3.2	Fräsverfahren	68
4.4	Senken	31	3.2.1	Einteilung der Fräsverfahren	68
4.5	Gewindeschneiden	32	3.2.2	Vergleich wichtiger Fräsverfahren.....	69
4.5.1	Aufbau und Maße von Gewinden	32	3.3	Fräswerkzeuge	70
4.5.2	Herstellen von Innengewinden mit Handgewindebohrern.....	33	3.3.1	Walzenfräser	70
4.5.3	Herstellen von Außengewinden mit Schneideisen	34	3.3.2	Plan- und Eckfräsköpfe	71
4.6	Reiben	35	3.3.3	Walzenstirnfräser	72
4.7	Wartungshinweise für handgeführte Werkzeuge	36	3.3.4	Kugelpkopfräser und Torusfräser (Kopierfräser)	72
5	Fertigungsverfahren des Umformens.....	37	3.3.5	Formfräser	73
5.1	Grundbegriffe zum Umformen	37	3.3.6	Scheibenfräser	73
5.2	Biegen von Blechen und Rohren	38	3.4	Spannzeuge für Werkzeuge auf Fräsmaschinen	74
5.2.1	Vorgänge beim Biegen	38	3.4.1	Gestaltung der Schnittstelle zwischen Spannzeug und Arbeitsspindel.....	74
5.2.2	Mindestbiegeradien	38	3.4.2	Gestaltung der Trennstelle zwischen Spannzeug und Werkzeug (Schneidenträger)	75
5.2.3	Biegen von Blechen	39	3.4.3	Systeme zur Werkzeugeinstellung	76
5.2.4	Blechbedarf und Verschnitt.....	40	3.5	Spannsysteme für Werkstücke auf Fräsmaschinen	77
5.3	Biegen von Rohren	41	3.5.1	Positionieren von Werkstücken	77
5.4	Berechnungen von gestreckten Längen bei Biegeteilen	42	3.5.2	Spannen im Maschinenschraubstock	77
5.5	Schmieden.....	43	3.5.3	Spannen auf dem Maschinentisch	78
5.5.1	Vorgänge beim Schmieden.....	43	3.5.4	Spannen mit modularen Spannsystemen ...	78
5.5.2	Schmiedeverfahren	43	3.5.5	Spannen auf Paletten	80
5.5.3	Berechnung von Schmiederohrlängen	44	3.6	Teilen.....	81
Fertigen mit Werkzeugmaschinen LF 2 und LF 5			3.7	Bestimmen von Arbeitsgrößen zum Fräsen	83
Handlungsfeld: Werkstücke mit Maschinen fertigen ...		45	3.7.1	Schnittdaten	83
1	Fertigen mit Dreh-, Fräs- und Schleifmaschinen	46	3.7.2	Berechnung der Hauptnutzungszeit beim Fräsen	85
1.1	Technologische Grundbegriffe	46	4	Fertigen auf Schleifmaschinen	86
1.1.1	Eingangsgrößen für den Fertigungsprozess	46	4.1	Schleifmaschinen	86
1.1.2	Ausgangsgrößen des Fertigungsprozesses	48	4.1.1	Flach- und Profilschleifmaschinen	86
			4.1.2	Rundschleifmaschinen	86
			4.1.3	Universalschleifmaschinen	86
			4.2	Arbeitsverfahren auf Schleifmaschinen.....	87

4.3	Schleifwerkzeuge	88
4.3.1	Aufbau und Eigenschaften der Schleifwerkzeuge	88
4.3.2	Form und Verwendungszweck von Schleifwerkzeugen	90
4.4	Zerspangrößen im Schleifprozess	92
4.4.1	Schnittgeschwindigkeit v_c	92
4.4.2	Werkstückgeschwindigkeit v_w	92
4.4.3	Geschwindigkeitsverhältnis q	92
4.4.4	Eingriffsbreite a_p	92
4.4.5	Eingriffsdicke a_e	93
5	Kühlschmierstoffe	94
5.1	Nicht wassermischbare Kühlschmierstoffe ..	94
5.2	Wassermischbare Kühlschmierstoffe	95
5.3	Schutzmaßnahmen beim Umgang mit Kühlschmierstoffen	96
6	Arbeitssicherheit und Unfallschutz	97
6.1	Unfallschutz durch Betriebsanweisungen ...	97
6.2	Schutzmaßnahmen beim Umgang mit Gefahrstoffen	98
6.3	Maßnahmen bei Unfällen	98
7	Umweltschutz	99

Herstellen von Baugruppen	LF 3 und LF 6
----------------------------------	----------------------

Handlungsfeld: Baugruppen montieren		100
1	Fügen von Baugruppen	101
1.1	Grundbegriffe	101
1.1.1	Einteilung der Fügeverfahren	101
1.1.2	Reibung	102
1.2	Fügen mit Gewinden	103
1.2.1	Gewinde	103
1.2.2	Normangaben bei Gewinden	106
1.2.3	Befestigungsschrauben	106
1.2.4	Festigkeit von Schrauben und Muttern	107
1.2.5	Sicherungen von Schraubenverbindungen..	108
1.2.6	Berechnung des Drehmomentes zum Anziehen von Schrauben	M 109
1.3	Fügen mit Stiften und Bolzen	110
1.3.1	Stifte	110
1.3.2	Bolzen	111
1.4	Fügen mit Passfedern und Profilformen	111
1.4.1	Fügen mit Passfedern	112
1.4.2	Fügen mit Profilformen	112
1.5	Fügen durch Löten	113
1.5.1	Anwendung des Lötens	113
1.5.2	Vorgänge beim Löten	113
1.5.3	Lötverfahren	115
1.5.4	Gestaltung von Lötverbindungen	116
1.5.5	Lote und Flussmittel	116
1.6	Fügen durch Schweißen	117
1.6.1	Einteilung der Schweißverfahren	117
1.6.2	Lichtbogenschmelzschweißen	118
1.6.2.1	Metalllichtbogenschweißen	118
1.6.2.2	Schutzgasschweißen	118
1.6.3	Ausführung von Schweißverbindungen	119
1.6.4	Überblick über die Schweißverfahren zum Metallschweißen	120
1.7	Fügen durch Kleben	122
1.7.1	Vor- und Nachteile von Klebeverbindungen.	122
1.7.2	Vorgänge beim Kleben	123
1.7.3	Gestaltung von Klebeverbindungen	124
1.7.4	Schutzmaßnahmen beim Kleben	125
1.7.5	Übersicht über Klebstoffe	125
2	Funktionseinheiten technischer Teilsysteme	126
2.1	Einteilung der Funktionseinheiten	126
2.2	Funktionseinheiten zum Stützen und Tragen	M 126
2.2.1	Lager	128

2.2.1.1	Gleitlager	128
2.2.1.2	Wälzlager	130
2.2.1.3	Gegenüberstellung von Wälz- und Gleitlagern	131
2.2.2	Geradführungen	133
2.2.2.1	Gleitführungen	133
2.2.2.2	Wälzführungen	134
2.2.3	Achsen	135
2.3	Elemente und Gruppen zur Energieübertragung	136
2.3.1	Wellen	136
2.3.2	Lagerzapfen	136
2.3.3	Kupplungen	137
2.3.4	Getriebe und ihre Einteilung	140
2.3.4.1	Einteilung der Getriebe	140
2.3.4.2	Berechnungsgrundlagen für Getriebe	M 141
2.3.4.3	Zugmittelgetriebe	143
2.3.4.4	Zahnradgetriebe	144
2.3.4.5	Verstellbare Getriebe	148
3	Festigkeitsberechnungen von Bauelementen	149
3.1	Grundlagen zur Festigkeitsberechnung	149
3.1.1	Beanspruchungs- und Belastungsarten	149
3.1.2	Zugbeanspruchung	M 150
3.1.3	Druckbeanspruchung	M 151
3.1.4	Scherbeanspruchung	M 153
3.2	Berechnungen von Bauelementen und Verbindungen	154
3.2.1	Berechnung von Schrauben	M 154
3.2.2	Berechnung von Stiften	M 155
3.2.3	Berechnung von Passfedern	M 156
3.2.4	Berechnung von Klebeverbindungen	M 157
3.2.5	Berechnung von Lötverbindungen	M 157
3.2.6	Pressverbindungen	M 158
4	Normalien als Maschinenelemente im Werkzeugbau	160
4.1	Normalien als „Baukasten“ für den Werkzeugmechaniker	160
4.2	Normalien für den Aufbau von Spritzgießwerkzeugen	161
4.2.1	Normalienauswahl für den Werkzeugaufbau	161
4.2.2	Zusammenstellung von Plattensätzen	162
4.2.3	Normalien zum Führen, Zentrieren und Verschrauben	163
4.2.4	Normalien für den Angussbereich	165
4.2.5	Normalien zum Entformen	167
4.2.6	Spritzgießform für Verschlussstopfen (Kompletttaufbau)	168
4.2.7	Normalien zur Temperierung	170
4.3	Normalien für Stanz- und Umformwerkzeuge	171
4.3.1	Normalienauswahl für Gestelle und Platten	171
4.3.2	Normalien zum Führen	172
4.3.3	Normalien zum Schneiden	173
4.3.4	Auswahl von Federelementen	174

Instandhalten technischer Systeme	LF 4
--	-------------

Handlungsfeld: Wartungsmaßnahmen durchführen...		176
1	Instandhaltung	177
1.1	Aufgaben der Instandhaltung	177
1.2	Begriffe der Instandhaltung	177
1.3	Maßnahmen der Instandhaltung	178
2	Instandhaltungsmaßnahmen durch Wartung	179
2.1	Übersicht über Wartungsarbeiten	179
2.2	Reinigen und Konservieren	180
2.3	Schmieren	181

3	Schmierstoffe	184	2.1.3	Drehteile mit geradliniger Kontur.....	218
3.1	Schmieröle	184	2.1.4	Drehteile mit kreisförmiger Kontur	219
3.1.1	Schmieröleigenschaften.....	184	2.2	Programmierhilfen.....	220
3.1.2	Kennzeichnung von Schmierölen.....	186	2.2.1	Zyklen beim Drehen.....	220
3.2	Schmierfette	187	2.2.2	Unterprogramme	223
3.2.1	Aufbau von Schmierfetten	187	2.2.3	Einbau von Unterprogrammen und Zyklen in Hauptprogramme	224
3.2.2	Klassifizierung	187	2.3	Werkzeuge und Werkzeugmaße beim Drehen	225
3.2.3	Kennzeichnung von Schmierfetten	188	2.3.1	Aufbau von Drehwerkzeugen	225
3.3	Festschmierstoffe.....	188	2.3.2	Werkzeugmaße	225
4	Ergänzen, Nachstellen und Auswechseln	189	2.3.3	Schneidenradiuskompensation	227
5	Systembeurteilung durch Inspektion	190	3	Fertigung auf CNC-Fräsmaschinen	229
6	Maschinenschaden	193	3.1	Programmieren von Weginformationen beim Fräsen.....	229
6.1	Verschleiß	193	3.1.1	Koordinaten an Fräsmaschinen	229
6.1.1	Einflussgrößen auf Verschleiß.....	193	3.1.2	Maschinennullpunkt und Referenzpunkt	230
6.1.2	Verschleiß beim Rollen und Wälzen.....	193	3.1.3	Werkstücknullpunkte	230
6.1.3	Verschleiß durch strömende Medien	194	3.1.4	Werkzeugbahnkorrekturen	231
6.2	Maschinenbruch	195	3.2	Programmierhilfen.....	232
6.2.1	Gewaltbruch	195	3.2.1	Zyklen beim Fräsen.....	232
6.2.2	Dauerbruch.....	196	3.2.2	Zyklenaufrufe auf verschiedenen Startpositionen.....	235
7	Korrosion und Korrosionsschutz	198	3.2.3	Manipulation von Programmteilen	237
7.1	Chemische Korrosion	198	3.2.4	Unterprogramme	238
7.2	Elektrochemische Korrosion	198	3.3	Werkzeuge und Werkzeugmaße beim Fräsen Aufbau des Werkzeugsystems.....	239
8	Instandsetzen	200	3.3.1	Aufbau des Werkzeugsystems.....	239
9	Wartungsanleitungen	201	3.3.2	Fräswerkzeuge im Einsatz	239

Fertigen mit Computerunterstützung	LF 7 und LF 10
---	-----------------------

Handlungsfeld: Fertigung von Werkstücken auf
CNC-Maschinen vorbereiten

1	Grundlagen der CNC-Technik	204
1.1	CNC-Werkzeugmaschinen	204
1.1.1	Datenfluss in CNC-Maschinen	204
1.1.2	Koordinatensysteme.....	205
1.1.3	Lageregelung an CNC-Maschinen.....	206
1.1.4	Bahnsteuerungen an CNC-Maschinen.....	207
1.2	Grundlagen zur manuellen Programmie- rung.....	208
1.2.1	Wahl des Werkstücknullpunktes.....	208
1.2.2	Bemaßungsarten für die Programmie- rung.....	208
1.3	Programmierung von Bahnbewegungen	209
1.3.1	Bearbeitungsrichtung	209
1.3.2	Bewegungen im Eilgang	210
1.3.3	Geradlinige Arbeitsbewegungen.....	210
1.3.4	Kreisförmige Arbeitsbewegungen	211
1.4	Grafische Konturerstellung (GKE)	212
1.4.1	Konturerstellung extern am Computer	212
1.4.2	Konturerstellung mit automatischer Programmerstellung an CNC-Maschinen	213
1.5	Programmierung von Schaltinformationen	214
1.5.1	Programmierung von Technologiedaten	214
1.5.2	Programmierung von Werkzeugeinsatz und Zusatzfunktionen.....	214
1.6	Zusammenstellung von Programmdaten zu Sätzen.....	215
1.7	Erprobung und Optimierung von NC- Programmen an CNC-Werkzeug- maschinen	216
1.7.1	Simulation von NC-Programmen	216
1.7.2	Überwachte Probefertigung.....	216
2	Fertigung auf CNC-Drehmaschinen	217
2.1	Programmieren der Weginformationen beim Drehen.....	217
2.1.1	Koordinatensysteme.....	217
2.1.2	Nullpunkte und Bezugspunkte.....	217

4	3D-Digitalisierung von realen Objekten	240
5	CAD/CAM-Systeme	242
5.1	Einsatzmöglichkeiten für CAD-Systeme im Werkzeugbau	242
5.2	Rechnerinterne Darstellungen von Werkstücken in CAD-Systemen	243
5.2.1	2D-Modelle	243
5.2.2	3D-Modelle	243
5.3	Arbeiten mit CAD/CAM-Systemen	245
5.3.1	Erstellen von 3D-Modellen	245
5.3.2	Erstellen von Baugruppen.....	248
5.3.3	Programmierung der Fertigungsmaschine (NC-Fräsen).....	249
6	Rapid Prototyping/Rapid Tooling	250
6.1	LOM-Verfahren (Laminated-Objekt- Manufacturing).....	251
6.2	Stereolithographie-Verfahren	252
6.3	Laser-Sintern	253

Planen und Inbetriebnehmen steuerungstechnischer Systeme	LF 8
---	-------------

Handlungsfeld: Entwickeln von Steuerungen		255
1	Grundlagen der Steuerungstechnik.....	256
1.1	Steuerungs- und Leistungsteil gesteuerter Anlagen	256
1.2	Logikpläne von Steuerungen	258
1.2.1	Logische Grundfunktionen.....	258
1.2.2	Planerische Darstellung von Steuerungen ...	261
2	Grundlagen für pneumatische Steuerungen.....	262
2.1	Druck	262
2.2	Einheiten zur Bereitstellung der Druckluft ...	263
2.2.1	Verdichter (Kompressoren)	263
2.2.2	Druckluftverteilung	264
2.2.3	Aufbereitung der Druckluft	264
2.3	Einheiten zum Steuern der Druckluft	265
2.3.1	Übersicht über pneumatische Ventile	265
2.3.2	Bauformen pneumatischer Ventile.....	265
2.3.3	Vereinbarungen bei Wegeventilen	266

3.2	HSC-Fräsmaschinen und Fräswerkzeuge	340	1.7.1	Führen und Zentrieren im Werkzeug.....	402
3.2.1	HSC-Fräsmaschinen	340	1.7.2	Führen und Zentrieren des Werkzeuges in der Maschine	402
3.2.2	Steuerung der HSC-Fräsmaschine	341	1.8	Spannsystem	403
3.2.3	Fräswerkzeuge und Spannmittel	341	1.8.1	Mechanisches Spannen	403
3.3	Programmierung von HSC-Fräsmaschinen ..	342	1.8.2	Hydraulisches Spannen.....	404
3.3.1	Gleichlauf- und Gegenlaufräsen.....	342	2	Formteilgestaltung von Spritzgießteilen	405
3.3.2	Schruppstrategien	342	2.1	Lösungskonzept zur Gestaltung von Spritzgießteilen	405
3.3.3	Schlichtstrategien	343	2.2	Werkstoffgerechte Gestaltung von Spritzgießteilen	406
3.3.4	Auswahl von Werkzeugen u. Schnittwerten ..	343	2.2.1	Werkstoffauswahl	406
4	Laserabtragen (Laser caving)	344	2.2.2	Regeln für werkstoffgerechte Gestaltung	406
5	Festklopfen von Formoberflächen	346	2.3	Funktionsgerechte Gestaltung von Spritzgießteilen	410
Handlungsfeld: Flächen durch Honen feinbearbeiten.....			2.3.1	Schnappverbindung	410
			2.3.2	Filmgelenk (Filmscharnier).....	411
6	Fertigen durch Feinbearbeiten	347	2.3.3	Verbundbauteile	412
6.1	Honen.....	348	2.4	Fertigungsgerechte Gestaltung von Spritzgießteilen	414
6.1.1	Honverfahren	348	2.4.1	Formfüllung	414
6.1.2	Bearbeitungsmittel und Werkzeuge	349	2.4.2	Werkzeugsteifigkeit.....	415
6.1.3	Einstellwerte für den Honprozess.....	352	2.4.3	Werkzeugtemperierung	416
6.2	Läppen	353	2.4.4	Entformung	416
6.2.1	Läppvorgang	353	3	Der Spritzgießprozess	417
6.2.2	Läppmittel.....	353	3.1	Baueinrichtungen einer Spritzgießanlage	417
6.3	Polieren	354	3.2	Arbeitsgänge im Spritzgießprozess	418
6.3.1	Poliervorgang.....	354	3.2.1	Spritzgießzyklus	418
6.3.2	Poliermittel und Poliermittelträger.....	354	3.2.2	Zeitliche Abfolge der Arbeitsgänge beim Spritzgießen	419
			3.3	Prozesskenngrößen und Formteilqualität.....	420
			3.3.1	Antriebsdruck, Spritzdruck und Werkzeuginnendruck	421
			3.3.2	Richtwerte für Drücke im Spritzgießprozess ..	422
			4	Werkzeuge zum Druckgießen	423
			4.1	Das Druckgießwerkzeug als technisches System	423
			4.1.1	System zu Formgebung	423
			4.1.2	Angussystem	425
			4.1.3	Temperiersystem	426
			4.2	Aufbau und Funktion eines Druckgießwerkzeuges	427
			5	Werkzeuge zum Gesenkformen	428
			5.1	Das Gesenk als technisches System	428
			5.2	System zur Formgebung	430
			5.2.1	Bedeutung des Werkstoffflusses für die Gravurgestaltung	430
			5.2.2	Gratspalt, Gratbahn und Werkstofffluss.....M	430
			5.2.3	Gesenkteilung	432
			5.2.4	Äußere Abmessungen für Gesenke	433
			5.3	System zur Führung	434
			5.3.1	Führung im Gesenk	434
			5.3.2	Führung in Werkzeughaltern für Gesenke	435
			5.4	Entformungssystem	435
			5.5	Standmenge von Gesenkwerkzeugen.....	436
			5.5.1	Beanspruchung von Gesenkwerkzeugen.....	436
			5.5.2	Schadensarten	438
			5.5.3	Maßnahmen zur Erhöhung der Standmenge ..	439
			6	Werkstück- und Werkzeuggestaltung beim Gesenkformen	440
			6.1	Gesenkteilung	441
			6.2	Seitenschragen	441
			6.3	Bodendicken, Wanddicken und Rippenbreiten	M 442
			6.4	Kantenrundungen und Hohlkehlen.....M	442
			6.5	Bearbeitungszugaben	M 443
			7	Werkzeuge zum Extrudieren	445
			7.1	Das Extrusionswerkzeug als technisches System	445
			7.1.1	Aufbau von Extrusionswerkzeugen.....	445

7.1.2	Funktionseinheiten von Extrusionswerkzeugen.....	446
7.2	Aufbau und Funktion von Kalibriervorrichtungen	447

Planen, Fertigen und Inbetriebnehmen technischer Systeme der Stanztechnik	LF 11S bis LF 14S
--	--------------------------

Handlungsfeld: Bauen von Werkzeugen 448

1	Fertigungsverfahren mithilfe der Stanztechnik	449
1.1	Begriffsbestimmung und Verfahren	449
1.2	Trennen durch Zerteilen	449
1.3	Zerteilen durch Scherschneiden	450
1.3.1	Prinzip des Schneidvorgangs	450
1.3.2	Der Schneidspalt	451
1.3.3	Der Schnittlinienverlauf.....	451
1.3.4	Grundbegriffe der Schneidtechnik	451
1.3.5	Spezielle Schneidverfahren	452
1.4	Zugdruckumformen durch Tiefziehen	453
1.5	Biegeumformen in der Blechbearbeitung	453
2	Werkzeuge zum Scherschneiden	454
2.1	Das Schneidwerkzeug als technisches System	454
2.2	Einteilung der Werkzeuge zum Schneiden ...	455
2.2.1	Einteilung nach dem konstruktiven Aufbau .	455
2.2.2	Einteilung nach dem Fertigungsablauf	457
2.2.3	Einteilung nach dem Fertigungsverfahren ...	461
2.3	Gestaltung der Funktionseinheiten an Schneidwerkzeugen.....	463
2.3.1	Schneidsystem	M 463
2.3.2	System zum Entfernen des Materials	475
2.3.3	Federelemente im Werkzeugbau	478
2.3.4	Werkzeugführungssysteme.....	481
2.3.5	Materialführungssystem	485
2.3.6	Spannsystem.....	489
3	Werkzeuge zum Biegeumformen	490
3.1	Grundlagen der Biegeumformung	490
3.1.1	Werkstoffverhalten beim Biegen	490
3.1.2	Rückfederung beim Biegen	M 491
3.2	Verfahrensgerechte Gestaltung von Biegeteilen	492
3.2.1	Kleinster zulässiger Biegeradius.....	492
3.2.2	Mindestanstände von Durchbrüchen	492
3.2.3	Mindestlänge des kleinsten Schenkels beim Biegen	492
3.3	Biegeverfahren	493
3.4	Werkzeuge zum Gesenkbiegen.....	493
3.4.1	Funktionseinheiten an Werkzeugen zum Gesenkbiegen.....	493
3.4.2	Biegestempel.....	494
3.4.3	Biegegesenk.....	M 495
3.4.4	Gegenhalter	497
3.5	Gestaltung von Werkstückaufnahmen	497
3.6	Werkzeuge zum Biegen in elastischen Kissen.....	498
3.7	Rollbiegesystem.....	499
4	Werkzeuge zum Tiefziehen	500
4.1	Tiefziehen	500
4.2	Formänderungen und Spannungen beim Tiefziehen	501
4.3	Einteilung der Werkzeuge zum Tiefziehen	502
4.4	Gestaltung der Funktionseinheiten an Tiefziehwerkzeugen.....	502
4.4.1	Tiefziehsysteme	M 503
4.4.2	Materialflusssystem	M 506
4.4.3	Werkzeugführungs- und Spannsystem	509
4.5	Schmierstoffe und Werkstoffe für Bauteile von Tiefziehwerkzeugen	509
4.6	Tiefziehfehler	509

5	Verbundwerkzeuge.....	510
5.1	Folgeverbundwerkzeuge	510
5.1.1	Fertigungsverfahren in Folgeverbundwerkzeugen.....	510
5.1.2	Gestaltung von Folgeverbundwerkzeugen zum Trennen und Umformen.....	511
5.1.3	Planung und Entwicklung von Folgeverbundwerkzeugen.....	512
5.2	Gesamtverbundwerkzeug	514
6	Komplexe Fertigungssysteme zum Stanzen, Umformen und Fügen	515

Planen, Fertigen und Inbetriebnehmen technischer Systeme der Vorrichtungstechnik	LF 11V bis LF 14V
---	--------------------------

Handlungsfeld: Vorrichtungen planen, bauen und warten 517

1	Die Vorrichtung als Fertigungsmittel	518
1.1	Vorrichtungen im Fertigungsprozess	518
1.1.1	Aufgaben und Funktionen von Vorrichtungen.....	518
1.1.2	Wirtschaftlichkeit von Vorrichtungen.....	518
1.2	Einteilung der Vorrichtungen.....	519
2	Die Vorrichtung als technisches System	520
2.1	Teilsystem zum Tragen	520
2.2	Teilsystem zum Positionieren	521
2.2.1	Grundlagen des Positionierens	521
2.2.2	Positionieren der Werkstücke	522
2.3	Systeme zum Spannen.....	524
2.3.1	Grundlagen zum Spannen der Werkstücke	524
2.3.2	Spannkrafterzeugung durch kraftbetätigte Spannelemente	525
2.3.3	Spannkrafterzeugung durch Druckbeaufschlagung	528
2.3.4	Spannkrafterzeugung durch Magnetismus	530
2.3.5	Zerlegen, leiten und verteilen von Spannkraften	531
2.4	Teilsystem zum Stützen.....	532
2.5	Teilsystem zum Führen	532
2.5.1	Werkzeugführungen	533
2.5.2	Führungen des Werkstückträgers.....	534
2.6	Teilsystem zum Handhaben der Vorrichtung	534
2.6.1	Bedienelemente	534
2.6.2	Transporthilfen	534
3	Vorrichtungen als Teilsysteme einer Maschine oder Anlage	535
3.1	Positionieren der Vorrichtung	535
3.2	Spannen der Vorrichtung	535
3.3	Stützen der Vorrichtung.....	536
3.4	Führen der Vorrichtung	536

Werkstofftechnik	WT
-------------------------	-----------

Handlungsfeld: Werkstoffeigenschaften ändern 537

1	Eigenschaften der Werkstoffe	538
1.1	Physikalische Eigenschaften	538
1.1.1	Mechanische Eigenschaften	538
1.1.2	Thermische Eigenschaften.....	541
1.2	Chemische Eigenschaften	542
1.3	Technologische Eigenschaften	542
2	Aufbau metallischer Werkstoffe.....	543
2.1	Chemische Elemente	543
2.2	Aufbau von Metallen	545

2.2.1	Metallbindung	545	1.2	Subjektives und objektives Prüfen	600
2.2.2	Schmelzverhalten von reinem Metall	545	1.3	Grundgrößen (Basisgrößen) und ihre	
2.2.3	Metallgefüge	547		Einheiten (Basiseinheiten)	601
2.2.4	Gittertypen	548	1.4	Formelzeichen	601
2.3	Legierungen	549	1.5	Prüfverfahren: Messen und Lehren	602
2.3.1	Legierungen mit Mischkristallen	550			
2.3.2	Legierungen mit Kristallgemengen	552	2	Prüfen von Längen	602
3	Stähle	554	2.1	Maßsysteme und Einheiten	602
3.1	Unlegierte Stähle	554	2.2	Höchstmaß – Mindestmaß – Toleranz	603
3.1.1	Gefügebestandteile	554	2.3	Begriffe der Längenmesstechnik	604
3.1.2	Eigenschaften der Stähle in Abhängigkeit		2.4	Direkte Längenmessung	605
	vom Gefüge	556	2.4.1	Messen mit Messschiebern	605
3.1.3	Glühverfahren für unlegierte Stähle	557	2.4.2	Messen mit Messschrauben	607
3.1.4	Härten und Vergüten von unlegierten		2.4.3	Messen mit Messuhren und	
	Stählen	558	2.4.4	Feinzeignern	609
3.1.5	Z-T-U-Schaubilder unlegierter Stähle	561	2.5	Messen mit Endmaßen	610
3.2	Legierte Werkzeugstähle	562	2.5.1	Lehren	611
3.2.1	Einfluss der Legierungselemente	563	2.5.2	Formlehren	611
3.2.2	Kaltarbeitsstähle	565	2.5.3	Maßlehren	611
3.2.3	Warmarbeitsstähle	567		Grenzlehren	611
3.2.4	Schnellarbeitsstähle	569	3	Prüfen von Winkeln	612
4	Nichteisenmetalle im Werkzeug- und		3.1	Messen von Winkeln	612
	Formenbau	570	3.2	Lehren von Winkeln	612
4.1	Aluminiumlegierungen im Werkzeugbau	570	4	Prüfen der Rauheit von Oberflächen	613
4.2	Kupfer und Wolframkupfer im Werkzeug-		4.1	Oberflächenkenngrößen	613
	bau	571	4.1.1	Rauheitskenngröße R_z	613
5	Hartmetalle	572	4.1.2	Rauheitskenngröße R_a	614
5.1	Aufbau von Hartmetallen	572	4.2	Verfahren zur Prüfung der Rauheit	614
5.2	Anwendung von Hartmetallen HW in der		4.2.1	Prüfen mit Tastschnittgeräten	614
	Stanz- und Umformtechnik	573	4.2.2	Prüfen durch Vergleich mit	
6	Keramische Werkstoffe	574		Oberflächenmustern	614
7	Beschichten von Werkzeugen	575	5	Messabweichungen	615
7.1	Beschichten mit nitridischen Hartstoffen auf		5.1	Größe der Messabweichung	615
	Titanbasis	575	5.2	Arten von Messabweichungen	615
7.2	Beschichten mit Kobaltlegierungen	575	5.3	Ursachen von Messabweichungen	615
7.3	Beschichten mit Wolframkarbid	576	6	Auswahl von Prüfverfahren und	
8	Stoffeigenschaftändern der Randschicht	577		Prüfgeräten	617
8.1	Einsatzhärten	577	7	Passungen und Prüfen von Passmaßen	618
8.2	Nitrieren	578	7.1	Bedeutung der Passungen	618
9	Kunststoffe	580	7.2	Begriffe und Maße bei Passungen	618
9.1	Aufbau, Eigenschaften und Einteilung der		7.3	ISO-Normen für Maß- und	
	Kunststoffe	580		Passungsangaben	619
9.2	Kunststoffe durch Polymerisation	582	7.4	Einteilung der Passungen	621
9.2.1	Polymerisationsvorgang	582	7.5	Passungssysteme	622
9.2.2	Polymerisate	582	7.6	Passungsnormen	622
9.3	Kunststoffe durch Polykondensation	585	7.7	Auswahl von Passungen	623
9.3.1	Polykondensationsvorgang	585	7.8	Lehren von Passmaßen	624
9.3.2	Polykondensate	586	8	Form- und Lagetoleranzen	625
9.4	Kunststoffe durch Polyaddition	588	8.1	Toleranzzone	625
9.4.1	Polyadditionsvorgang	588	8.2	Formtoleranzen	625
9.4.2	Polyaddukte	589	8.3	Lagetoleranzen	626
9.5	Unterscheiden von Kunststoffen	590	8.4	Messen von Form- und Lageab-	
10	Werkstoffprüfung	591		weichungen	627
10.1	Mechanische Prüfverfahren	591	8.4.1	Symbolische Darstellung von	
10.1.1	Zugversuch	591		Prüfeinrichtungen	627
10.1.2	Härteprüfung	593	8.4.2	Messverfahren zum Messen von Form-	
10.1.3	Kerbschlag-Biegeversuch	595		und Lageabweichungen	628
10.2	Technologische Prüfverfahren	596	9	Einsatz numerisch gesteuerter Messma-	
10.3	Metallografische Prüfverfahren	596		schinen	630
10.4	Zerstörungsfreie Prüfverfahren	597	9.1	Baueinheiten einer CNC-Messmaschine	630
			9.2	Koordinatensysteme	631
			9.3	Statische und dynamische Messwerter-	
				fassung	631
			9.4	Messtaster und ihre Kalibrierung	632
			9.5	Steuerung von Messabläufen	632
			10	Qualitätsmanagement	633
			10.1	Qualität in der Produktion	633
			10.2	Einflussgrößen auf Qualität	634
			10.3	Qualitätssicherungsnormen	635

Prüftechnik, Qualitätsmanagement	PT
---	-----------

Handlungsfeld: Bauteile prüfen	599
1 Grundbegriffe	600
1.1 Bedeutung des Prüfens in der Fertigung	600

Elektrotechnik		ET	
Handlungsfeld: Messungen in elektrisch gesteuerten Anlagen durchführen		636	
1	Wirkungen und Einsätze elektrischer Energie	637	
2	Physikalische Grundlagen	638	
2.1	Elektrische Ladung	638	
2.2	Strom	639	
2.3	Spannung	639	
2.4	Stromkreis	640	
2.5	Messung von Stromstärke und Spannung	641	
2.6	Leiter und Nichtleiter	641	
2.7	Elektrischer Widerstand	M 642	
2.8	Ohmsches Gesetz	643	
3	Grundschaltungen	644	
3.1	Reihenschaltung	M 644	
3.2	Parallelschaltung	M 644	
4	Schaltzeichen für elektrische Bauelemente und Schaltpläne	645	
4.1	Bauteile in der Elektrotechnik	645	
4.2	Elektrische Schaltpläne	645	
4.3	Auswahl genormter Schaltzeichen	646	
5	Maßnahmen zur Unfallverhütung	647	
5.1	Leitungs- und Geräteschutzeinrichtungen	648	
5.2	Schutzmaßnahmen gegen gefährliche Körperströme	649	
5.3	Kennzeichnung elektrischer Geräte	650	
Technische Kommunikation		TK	
Handlungsfeld: Technische Dokumentation erstellen und auswerten		651	
1	Technisches Zeichnen	652	
1.1	Technische Zeichnungen als Informationsträger	652	
1.2	Von der räumlichen Darstellung zur technischen Zeichnung	654	
1.2.1	Festlegung der Werkstücklage für die zeichnerische Darstellung	655	
1.2.2	Blatteinteilung	656	
1.2.3	Schriftfeld	656	
1.2.4	Blattgrößen und Maßstäbe	657	
1.3	Beschriftungen in technischen Zeichnungen ..	658	
1.3.1	Normschrift	658	
1.3.2	Maßeintragungen	658	
1.3.3	Maßbezugsebenen	659	
1.3.4	Bemaßung einzelner Formelemente	660	
1.3.5	Eintragung von Toleranzangaben	661	
1.3.6	Eintragung von Oberflächenangaben	662	
1.3.7	Anwendungsbezogene Bemaßung	664	
1.4	Darstellung und Bemaßung zylindrischer Werkstücke	665	
1.5	Schnittdarstellungen	666	
1.6	Darstellung und Bemaßung von Gewinden ..	667	
1.7	Normen und Normteile	668	
1.8	Gesamtzeichnung und Stückliste	669	
1.9	Darstellung von Schraubenverbindungen	671	
2	Technische Informationsquellen	672	
2.1	Arbeitspläne	672	
2.2	Versuche und Versuchsprotokolle	673	
2.2.1	Versuche	673	
2.2.2	Versuchsprotokolle	673	
2.3	Diagramme	675	
2.3.1	Balkendiagramme	675	
2.3.2	Koordinatensysteme	676	
2.3.3	Kreisdiagramme	676	
2.3.4	Sankey-Diagramme	677	
2.3.5	Zustands-Diagramme	677	
3	Technische Dokumentationen für Bedienungs- und Wartungsarbeiten	678	
3.1	Betriebsanleitungen	678	
3.2	Montage-/ Demontagebeschreibungen	678	
3.3	Anordnungspläne	680	
Bildquellenverzeichnis		681	
Sachwortverzeichnis		683	