

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>Formelzeichen und Abkürzungen</b> .....	XV
<b>1 Einleitung</b> .....	1
1.1 Volkswirtschaftliche Bedeutung der Werkzeugmaschinen .....	1
1.2 Historische Entwicklung der Werkzeugmaschinen .....	4
1.3 Allgemeine konstruktive Anforderungen an Werkzeugmaschinen ..	11
<b>2 Begriffe im Werkzeugmaschinenbau</b> .....	15
2.1 Gliederung der Fertigungsverfahren .....	15
2.2 Gliederung der Werkzeugmaschinen .....	15
2.3 Einteilung und Bezeichnung der Werkzeugmaschinen .....	17
2.4 Automatisierung von Werkzeugmaschinen .....	18
<b>3 Einzelmaschinen</b> .....	25
3.1 Universalmaschinen .....	25
3.1.1 Urformende Maschinen und Anlagen .....	25
3.1.1.1 Wirtschaftliches Bearbeiten von Gusskomponenten	28
3.1.1.2 Maschinen zur Gießformherstellung .....	29
3.1.1.3 Schleudergießmaschinen .....	30
3.1.1.4 Druckgießmaschinen .....	32
3.1.1.5 Stranggießmaschinen .....	34
3.1.1.6 Anlagen für das Gussputzen .....	36
3.1.1.7 Fertigungsanlagen für das Sintern .....	36
3.1.1.8 Anlagen für das Gießen von Reaktionsharzbeton ..	39
3.1.2 Umformende Maschinen .....	43
3.1.2.1 Hämmer .....	48
3.1.2.2 Pressen .....	55
3.1.2.2.1 Spindelpressen .....	56
3.1.2.2.2 Exzenter- und Kurbelpressen .....	63
3.1.2.2.3 Kniehebelpressen .....	82
3.1.2.2.4 Keilpressen .....	86

	3.1.2.2.5	Hydraulische Pressen und Umformmaschinen mit hydraulischem Wirkprinzip .....	86
	3.1.2.3	Schmiedemaschinen .....	96
	3.1.2.4	Schutzeinrichtungen an Umformmaschinen .....	99
	3.1.2.5	Walzmaschinen .....	102
	3.1.2.6	Biegemaschinen .....	112
	3.1.2.7	Ziehmaschinen .....	118
3.1.3		Zerteilende Maschinen .....	121
	3.1.3.1	Scheren .....	122
	3.1.3.2	Schneidpressen .....	125
3.1.4		Spanende Maschinen für Werkzeuge mit geometrisch bestimmter Schneide .....	127
	3.1.4.1	Drehmaschinen .....	130
	3.1.4.1.1	Universal- bzw. Werkstattdrehmaschinen .....	132
	3.1.4.1.2	Drehautomaten .....	134
	3.1.4.1.3	Langdrehen auf Drehautomaten .....	136
	3.1.4.1.4	Mehrschlitten-Einstechedrehautomat .....	139
	3.1.4.1.5	Mehrspindel-Drehautomaten .....	141
	3.1.4.1.6	Drehmaschinen mit vertikaler Spindel .....	145
	3.1.4.1.7	Waagrecht-Großdrehmaschinen .....	149
	3.1.4.1.8	Senkrechtdrehmaschinen .....	152
	3.1.4.1.9	Hochpräzisions- und Ultrapräzisionsdrehen .....	153
	3.1.4.1.10	Kombinationsmaschinen .....	156
	3.1.4.2	Bohrmaschinen .....	157
	3.1.4.2.1	Säulenbohrmaschinen .....	159
	3.1.4.2.2	Auslegerbohrmaschinen .....	161
	3.1.4.2.3	Tiefbohrmaschinen .....	163
	3.1.4.3	Fräsmaschinen und Bearbeitungszentren .....	170
	3.1.4.3.1	Maschinen mit horizontaler Werkzeugspindel .....	173
	3.1.4.3.2	Maschinen mit vertikaler Werkzeugspindel .....	181
	3.1.4.3.3	Maschinen mit parallelkinematischen Strukturen .....	191
	3.1.4.4	Stoß- und Ziehmaschinen .....	198
	3.1.4.5	Räummaschinen .....	201
	3.1.4.5.1	Innenräummaschinen .....	202
	3.1.4.5.2	Außenräummaschinen .....	205
	3.1.4.6	Sägemaschinen .....	207
	3.1.4.6.1	Bügelsägemaschinen .....	207
	3.1.4.6.2	Bandsägemaschinen .....	211
	3.1.4.6.3	Kreissägemaschinen .....	213
	3.1.4.6.4	Sägezentren .....	215

3.1.5	Spanende Maschinen für Werkzeuge mit geometrisch unbestimmten Schneiden .....	216
3.1.5.1	Schleifmaschinen .....	219
3.1.5.1.1	Rundschleifmaschinen .....	220
3.1.5.1.2	Spitzenlosschleifmaschinen .....	223
3.1.5.1.3	Planschleifmaschinen oder Flachschleifmaschinen .....	227
3.1.5.1.4	Formschleifmaschinen .....	232
3.1.5.1.5	Werkzeugschleifmaschinen .....	232
3.1.5.1.6	Abrichtsysteme .....	235
3.1.5.1.7	Spindelaufbau und Antrieb .....	240
3.1.5.1.8	Auswuchteinrichtungen .....	244
3.1.5.1.9	Kühlmitteleinrichtungen .....	248
3.1.5.1.10	Sicherheitseinrichtungen .....	250
3.1.5.1.11	Messeinrichtungen .....	252
3.1.5.2	Bandschleifmaschinen .....	253
3.1.5.3	Honmaschinen .....	254
3.1.5.4	Läppmaschinen .....	257
3.1.5.4.1	Konventionelle Läppmaschinen .....	257
3.1.5.4.2	Ultraschall-Bearbeitungsanlagen .....	260
3.1.6	Abtragende Maschinen .....	261
3.1.6.1	Chemische Ätzanlagen .....	261
3.1.6.2	Elektrochemische Bearbeitungsanlagen .....	264
3.1.6.3	Funkenerosive Bearbeitungsanlagen .....	267
3.1.6.3.1	Funkenerosive Senkanlagen .....	268
3.1.6.3.2	Funkenerosive Schneidanlagen .....	277
3.1.6.4	Elektronenstrahlbearbeitungsanlagen .....	280
3.1.6.4.1	Elektronenstrahlbohren .....	281
3.1.6.5	Laserbearbeitungsanlagen .....	281
3.1.6.5.1	Strahlquellen .....	285
3.1.6.5.2	Strahlführung und -formung .....	292
3.1.6.5.3	Laserschneidanlagen .....	295
3.1.6.5.4	Weitere Anwendungen der Lasermaterialbearbeitung .....	299
3.1.7	Universalmaschinen für Sonderfertigungsverfahren .....	308
3.1.7.1	Drehschälmaschinen .....	308
3.1.7.2	Richtmaschinen .....	312
3.1.7.3	Entgratemaschinen .....	316
3.1.7.3.1	Maschinen zum mechanischen Entgraten	316
3.1.7.3.2	Maschinen zum thermisch- chemischen Entgraten .....	318
3.1.7.4	Gleitschleifmaschinen .....	320
3.1.8	Wasserstrahl-Schneidanlagen .....	323
3.2	Einzweckmaschinen .....	326
3.2.1	Verzahnende Maschinen .....	326

3.2.1.1	Spanende Verzahnmaschinen für Werkzeuge mit geometrisch bestimmten Schneiden .....	330
3.2.1.1.1	Wälzhobelmaschinen .....	330
3.2.1.1.2	Wälzstoßmaschinen .....	331
3.2.1.1.3	Wälzfräsmaschinen .....	335
3.2.1.1.4	Wälzschälmaschinen .....	349
3.2.1.1.5	Zahnrad-Räummaschinen .....	352
3.2.1.1.6	Formfräsmaschinen .....	354
3.2.1.1.7	Zahnrad-Schabmaschinen .....	356
3.2.1.2	Spanende Verzahnmaschinen für Werkzeuge mit geometrisch unbestimmten Schneiden .....	359
3.2.1.2.1	Zahnrad-Formschleifmaschinen .....	362
3.2.1.2.2	Zahnrad-Wälzschleifmaschinen .....	369
3.2.1.2.3	Zahnradhonnmaschinen .....	378
3.2.1.2.4	Zahnradlappmaschinen .....	380
3.2.1.3	Umformende Verzahnmaschinen .....	382
3.2.1.3.1	Zahnrad-Taumelpressen .....	382
3.2.1.3.2	Zahnrad-Walzmaschinen .....	384
3.2.2	Maschinen für die Kurbelwellenproduktion .....	386
3.2.2.1	Kurbelwellen-Fräsmaschinen .....	387
3.2.2.1.1	Innen-Fräsen mit feststehendem Werkstück (Wirbeln) .....	388
3.2.2.1.2	Innen-Fräsen mit Werkstückdrehung ..	389
3.2.2.1.3	Achsparalleles Außen-Umfangsfräsen (Drehfräsen) .....	390
3.2.2.1.4	Stirndrehfräsen (Außenfräsen) .....	392
3.2.2.2	Kurbelwellendrehen, -räumen .....	393
3.2.2.2.1	Kurbelwellen-Drehen .....	393
3.2.2.2.2	Kurbelwellen-Drehräumen .....	394
3.2.2.2.3	Kurbelwellen-Dreh-Drehräumen .....	396
3.2.2.3	Kurbelwellen-Schleifmaschinen .....	397
3.2.2.4	Kurbelwellen-Walzmaschinen .....	400
3.2.3	Maschinen für die Nockenwellenproduktion .....	403
3.2.3.1	Nockenwellen-Fräsmaschinen .....	405
3.2.3.2	Nockenwellen-Schleifmaschinen .....	405
3.2.4	Extruderschnecken-und Gewindefräsmaschinen .....	407
<b>4</b>	<b>Mehrmaschinensysteme .....</b>	<b>411</b>
4.1	Nicht universell einsetzbare Mehrmaschinensysteme .....	412
4.1.1	Rundtaktmaschinen .....	413
4.1.2	Transferstraßen .....	415
4.1.3	Flexible Transferstraßen .....	420
4.2	Universell einsetzbare Mehrmaschinensysteme .....	432
4.2.1	Flexible Fertigungszellen .....	434
4.2.2	Flexible Fertigungssysteme .....	440

4.2.3	Mechanische Schnittstellen .....	447
4.2.4	Steuerung und Bedienung flexibler Fertigungssysteme .....	449
<b>5</b>	<b>Ausrüstungskomponenten für Werkzeugmaschinen .....</b>	<b>453</b>
5.1	Aufgabe und Bedeutung .....	453
5.1.1	Funktionen von Haltern und Spanneinrichtungen .....	454
5.1.1.1	Lagebestimmen .....	455
5.1.1.2	Spannen .....	458
5.1.2	Funktionen von Wechsel- und Speichereinrichtungen .....	460
5.1.3	Ausrüstungszubehör am Beispiel einer Drehmaschine .....	462
5.2	Werkzeugsysteme für Werkzeugmaschinen .....	464
5.2.1	Werkzeugsysteme an Drehmaschinen .....	464
5.2.1.1	Werkzeuge, Halter und Spanner für die Drehbearbeitung .....	464
5.2.1.2	Werkzeugträger für Drehmaschinen .....	467
5.2.1.3	Wechseleinrichtungen für Werkzeuge .....	474
5.2.2	Werkzeugsysteme an Bohr- und Fräsmaschinen .....	475
5.2.2.1	Werkzeugspanner .....	475
5.2.2.2	Werkzeugträger: Schnittstelle zwischen Maschinenspindel und Werkzeug .....	478
5.2.2.3	Spannsysteme für Steilkegel- und Hohlschaftkegelwerkzeuge .....	485
5.2.2.4	Wechseleinrichtungen und Speicher für Werkzeuge	490
5.2.2.5	Werkzeugbefestigungsstrategien in Speichermedien	496
5.2.3	Modulare Werkzeugsysteme .....	499
5.2.4	Identifikationssysteme für Werkzeuge .....	505
5.3	Werkstückspannsysteme und Vorrichtungen .....	507
5.3.1	Werkstückspannsysteme und Vorrichtungen an Drehmaschinen .....	507
5.3.1.1	Werkstückspanner und Halter für die Drehbearbeitung .....	507
5.3.1.2	Wechseleinrichtungen und Speicher für Werkstücke	518
5.3.2	Werkstückspannsysteme und Vorrichtungen an Bohr- und Fräsmaschinen .....	522
5.3.2.1	Werkstückspanner und Vorrichtungen .....	522
5.3.2.2	Werkstückträger und Paletten .....	530
5.3.2.3	Palettenwechseleinrichtungen und -speicher .....	534
<b>6</b>	<b>Einlegegeräte und Industrieroboter .....</b>	<b>539</b>
6.1	Begriffe und Definitionen .....	539
6.2	Einlegegeräte .....	542
6.3	Industrieroboter .....	544
6.3.1	Eigenschaften und Einsatzgebiete .....	544
6.3.2	Bauarten .....	545
6.3.2.1	Vertikaler Knickarmroboter .....	547

6.3.2.2	Horizontaler Knickarmroboter	552
6.3.2.3	Kartesisches Linienportal	554
6.3.2.4	Kartesisches Flächenportal und Linienportal mit Querausleger	556
6.3.2.5	Parallelkinematiken	558
6.3.2.5.1	Kombinierte Kinematiken	558
6.3.2.5.2	Vollparallele Kinematiken	560
6.3.2.6	Sonderbauformen	560
6.3.2.6.1	Zylinder- und Kugelkoordinatenroboter	560
6.3.2.6.2	Hybridkinematiken	562
6.3.2.6.3	Kombinierter Knickarmroboter	562
6.4	Mechanische Peripherie	563
6.4.1	Greifer	563
6.4.2	Werkzeuge	567
6.4.3	Sensorintegration	567
6.4.4	Werkzeugwechselsysteme	569
6.5	Steuerung und Programmierung	570
6.5.1	Steuerungen	570
6.5.2	Programmierung	572
6.5.2.1	Manuelle Bewegungsführung	573
6.5.2.2	Textbasierte Verfahren	575
6.5.2.3	CAD-basierte Verfahren	576
6.5.2.4	Implizite Programmierung	577
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>579</b>
	<b>Literatur</b>	<b>581</b>
	<b>Index</b>	<b>591</b>