

# Inhalt

<b>Formelzeichen und Abkürzungen</b> . . . . .	X
<b>1 Einleitung</b> . . . . .	1
1.1 Volkswirtschaftliche Bedeutung der Werkzeugmaschinen . . . . .	1
1.2 Historische Entwicklung der Werkzeugmaschinen . . . . .	6
1.3 Allgemeine konstruktive Anforderungen an Werkzeugmaschinen . . . . .	12
<b>2 Begriffe im Werkzeugmaschinenbau</b> . . . . .	16
2.1 Gliederung der Fertigungsverfahren . . . . .	16
2.2 Gliederung der Werkzeugmaschinen . . . . .	16
2.3 Einteilung und Bezeichnung der Werkzeugmaschinen . . . . .	18
2.4 Flexibilität von Werkzeugmaschinen . . . . .	20
2.5 Automatisierung von Werkzeugmaschinen . . . . .	21
<b>3 Einzelmaschinen</b> . . . . .	28
3.1 Universalmaschinen . . . . .	28
3.1.1 Urformende Maschinen und Anlagen . . . . .	28
3.1.1.1 Maschinen zur Gießformherstellung . . . . .	31
3.1.1.2 Schleudergießmaschinen . . . . .	34
3.1.1.3 Druckgießmaschinen . . . . .	35
3.1.1.4 Stranggießmaschinen . . . . .	36
3.1.1.5 Anlagen für das Gußputzen . . . . .	39
3.1.1.6 Fertigungsanlagen für das Sintern . . . . .	41
3.1.1.7 Anlagen für das Gießen von Reaktionsharzbeton . . . . .	45
3.1.2 Umformende Maschinen . . . . .	48

---

3.1.2.1	Hämmer . . . . .	54
3.1.2.2	Pressen . . . . .	62
3.1.2.2.1	Spindelpressen . . . . .	62
3.1.2.2.2	Exzenter- und Kurbelpressen . . . . .	70
3.1.2.2.3	Kniehebelpressen . . . . .	93
3.1.2.2.4	Keilpressen . . . . .	95
3.1.2.2.5	Hydraulische Pressen . . . . .	98
3.1.2.3	Schmiedemaschinen . . . . .	107
3.1.2.4	Schutzeinrichtungen an Umformmaschinen . . . . .	109
3.1.2.5	Walzmaschinen . . . . .	112
3.1.2.6	Biegemaschinen . . . . .	126
3.1.2.7	Ziehmaschinen . . . . .	134
3.1.3	Zerteilende Maschinen . . . . .	136
3.1.3.1	Scheren . . . . .	138
3.1.3.2	Schneidpressen . . . . .	140
3.1.4	Spanende Maschinen für Werkzeuge mit geometrisch bestimmter Schneide . . . . .	143
3.1.4.1	Drehmaschinen . . . . .	145
3.1.4.1.1	Universal- bzw. Werkstattdrehmaschinen . . . . .	148
3.1.4.1.2	Drehautomaten . . . . .	150
3.1.4.1.3	Langdrehen auf Drehautomaten . . . . .	155
3.1.4.1.4	Mehrschlitten-Einstechdrehautomat . . . . .	159
3.1.4.1.5	Mehrspindel-Drehautomat . . . . .	160
3.1.4.1.6	Drehmaschinen mit vertikaler Spindel . . . . .	163
3.1.4.1.7	Waagerecht-Großdrehmaschine . . . . .	167
3.1.4.1.8	Senkrechtdrehmaschinen . . . . .	169
3.1.4.1.9	Hochpräzisions- und Ultrapräzisionsdrehen . . . . .	172
3.1.4.1.10	Drehräummaschinen . . . . .	173
3.1.4.2	Bohrmaschinen . . . . .	175
3.1.4.2.1	Einspindelbohrmaschinen . . . . .	176
3.1.4.2.2	Mehrspindelbohrmaschinen . . . . .	178
3.1.4.2.3	Tiefbohrmaschinen . . . . .	180
3.1.4.3	Bohrzentren, Fräsmaschinen und Bearbeitungszentren . . . . .	184
3.1.4.3.1	Maschinen mit horizontaler Werkzeugspindel . . . . .	187
3.1.4.3.2	Maschinen mit vertikaler Werkzeugspindel . . . . .	195
3.1.4.3.3	Neue Maschinenkonzepte . . . . .	203
3.1.4.3.4	Kopierfräsen . . . . .	209
3.1.4.4	Stoß- und Ziehmaschinen . . . . .	211
3.1.4.5	Räummaschinen . . . . .	214

3.1.4.5.1	Innenräummaschinen	216
3.1.4.5.2	Außenräummaschinen	217
3.1.4.6	Sägemaschinen	219
3.1.4.6.1	Bügelsägen	221
3.1.4.6.2	Bandsägen	222
3.1.4.6.3	Kreissägen	224
3.1.4.6.4	Sägezentren	226
3.1.5	Spanende Maschinen für Werkzeuge mit geometrisch unbestimmten Schneiden	227
3.1.5.1	Schleifmaschinen	230
3.1.5.1.1	Rundschleifmaschinen	232
3.1.5.1.2	Planschleifmaschinen	240
3.1.5.1.3	Formschleifmaschinen	245
3.1.5.1.4	Werkzeugschleifmaschinen	247
3.1.5.1.5	Abrichtsysteme	247
3.1.5.1.6	Spindelaufbau und Antrieb	260
3.1.5.1.7	Auswuchteinrichtungen	264
3.1.5.1.8	Kühlmitteleinrichtungen	268
3.1.5.1.9	Sicherheitseinrichtungen	271
3.1.5.1.10	Schleifmaschinensteuerung und Meßeinrichtungen	274
3.1.5.2	Bandschleifmaschinen	277
3.1.5.3	Honmaschinen	278
3.1.5.4	Läppmaschinen	283
3.1.5.4.1	Konventionelle Läppmaschinen	283
3.1.5.4.2	Ultraschall-Bearbeitungsanlagen	285
3.1.6	Abtragende Maschinen	287
3.1.6.1	Chemische Ätzanlagen	288
3.1.6.2	Elektrochemische Bearbeitungsanlagen	289
3.1.6.3	Funkenerosive Bearbeitungsanlagen	294
3.1.6.3.1	Funkenerosive Senkanlagen	294
3.1.6.3.2	Funkenerosive Schneidanlagen	305
3.1.6.4	Elektronenstrahl-Bearbeitungsanlagen	308
3.1.6.4.1	Elektronenstrahlbohren	310
3.1.6.5	Laserbearbeitungsanlagen	311
3.1.6.5.1	Strahlquellen	312
3.1.6.5.2	Strahlführung und -formung	318
3.1.6.5.3	Laserschneidanlagen	321
3.1.6.5.4	Weitere Anwendungen der Lasermaterialbearbeitung	327
3.1.7	Universalmaschinen für Sonderfertigungsverfahren	334
3.1.7.1	Drehschälmassen	334

---

3.1.7.2	Richtmaschinen . . . . .	339
3.1.7.3	Entgratemaschinen . . . . .	343
3.1.7.3.1	Maschinen zum mechanischen Entgraten . . . . .	344
3.1.7.3.2	Maschinen zum thermisch-chemischen Entgraten .	345
3.1.7.4	Gleitschleifmaschinen . . . . .	348
3.1.7.5	Wasserstrahl-Schneidanlagen . . . . .	352
3.2	<b>Einzweckmaschinen . . . . .</b>	<b>355</b>
3.2.1	Verzahnende Maschinen . . . . .	355
3.2.1.1	Spanende Verzahnmaschinen für Werkzeuge mit geometrisch bestimmten Schneiden . . . . .	360
3.2.1.1.1	Wälzhobelmaschinen . . . . .	360
3.2.1.1.2	Wälzstoßmaschinen . . . . .	363
3.2.1.1.3	Wälzfräsmaschinen . . . . .	368
3.2.1.1.4	Wälzschälmaschinen . . . . .	385
3.2.1.1.5	Zahnrad-Räummaschinen . . . . .	387
3.2.1.1.6	Formfräsmaschinen . . . . .	390
3.2.1.1.7	Zahnrad-Schabmaschinen . . . . .	392
3.2.1.2	Spanende Verzahnmaschinen für Werkzeuge mit geometrisch unbestimmten Schneiden . . . . .	396
3.2.1.2.1	Zahnrad-Wälzschleifmaschinen . . . . .	399
3.2.1.2.2	Zahnrad-Formschleifmaschinen . . . . .	411
3.2.1.2.3	Zahnrad-Honmaschinen . . . . .	417
3.2.1.2.4	Zahnrad-Läppmaschinen . . . . .	419
3.2.1.3	Umformende Verzahnmaschinen . . . . .	421
3.2.1.3.1	Zahnrad-Taumelpressen . . . . .	422
3.2.1.3.2	Zahnrad-Walzmaschinen . . . . .	423
3.2.2	Maschinen für die Kurbelwellenproduktion . . . . .	427
3.2.2.1	Kurbelwellen-Fräsmaschinen . . . . .	428
3.2.2.1.1	Kurbelwellen-Fräsmaschinen mit feststehendem Werkstück . . . . .	429
3.2.2.1.2	Kurbelwellen-Fräsmaschinen mit Werkstückdrehung	430
3.2.2.2	Kurbelwellen-Schleifmaschinen . . . . .	434
3.2.3	Maschinen für die Nockenwellenproduktion . . . . .	437
3.2.3.1	Nockenwellen-Fräsmaschinen . . . . .	437
3.2.3.2	Nockenwellen-Schleifmaschinen . . . . .	439
3.2.4	Extruderschnecken-Fräsmaschinen . . . . .	442
<b>4</b>	<b>Mehrmaschinensysteme . . . . .</b>	<b>445</b>
4.1	Nicht universell einsetzbare Mehrmaschinensysteme . . . . .	446
4.1.1	Rundtaktmaschinen . . . . .	447

---

4.1.2 Transferstraßen . . . . .	449
4.1.3 Flexible Transferstraßen . . . . .	551
4.2 Universell einsetzbare Mehrmaschinensysteme . . . . .	459
4.2.1 Flexible Fertigungszellen . . . . .	461
4.2.2 Flexible Fertigungssysteme . . . . .	467
4.2.3 Mechanische Schnittstellen . . . . .	474
4.2.4 Softwaremodule und Softwareschnittstellen . . . . .	477
<b>5 Ausrüstungskomponenten für Werkzeugmaschinen . . . . .</b>	<b>481</b>
5.1 Aufgabe und Bedeutung . . . . .	481
5.1.1 Funktionen von Haltern und Spanneinrichtungen . . . . .	483
5.1.2 Funktionen von Wechsel- und Speichereinrichtungen . . . . .	489
5.1.3 Ausrüstungszubehör am Beispiel einer Drehmaschine	493
5.2 Werkzeugsysteme für Werkzeugmaschinen . . . . .	494
5.2.1 Werkzeugsysteme an Drehmaschinen . . . . .	494
5.2.1.1 Werkzeuge, Halter und Spanner für die Drehbearbeitung	494
5.2.1.2 Werkzeugträger für Drehmaschinen . . . . .	499
5.2.1.3 Wechseleinrichtungen für Werkzeuge . . . . .	504
5.2.2 Werkzeugsysteme an Bohr- und Fräsmaschinen . . . . .	506
5.2.2.1 Werkzeughalter, Werkzeugspanner und Werkzeugträger	506
5.2.2.2 Wechseleinrichtungen und Speicher für Werkzeuge . .	515
5.2.3 Modulare Werkzeugsysteme . . . . .	523
5.2.4 Identifikationssysteme für Werkzeuge . . . . .	530
5.3 Werkstücksysteme . . . . .	533
5.3.1 Werkstücksysteme an Drehmaschinen . . . . .	533
5.3.1.1 Werkstückspanner und Halter für die Drehbearbeitung	533
5.3.1.2 Wechseleinrichtungen und Speicher für Werkstücke . .	546
5.3.2 Werkstücksysteme an Bohr- und Fräsmaschinen . . . . .	549
5.3.2.1 Werkstückspanner und Vorrichtungen . . . . .	549
5.3.2.2 Werkstückträger und Paletten . . . . .	559
5.3.2.3 Palettenwechseleinrichtungen und Speicher . . . . .	566
<b>6 Einlegegeräte und Industrieroboter . . . . .</b>	<b>569</b>
6.1 Begriffe und Definitionen . . . . .	569
6.2 Einlegegeräte . . . . .	572
6.3 Industrieroboter . . . . .	574

6.3.1	Eigenschaften und Einsatzgebiete . . . . .	574
6.3.2	Bauarten . . . . .	576
6.3.2.1	Vertikaler Knickarmroboter . . . . .	579
6.3.2.2	Horizontaler Knickarmroboter . . . . .	586
6.3.2.3	Zylinderkoordinatenroboter . . . . .	589
6.3.2.4	Kartesisches Linienportal . . . . .	589
6.3.2.5	Kartesisches Flächenportal und Linienportal mit Querausleger . . . . .	591
6.3.2.6	Sonderbauformen . . . . .	596
6.3.2.6.1	Beschichtungsroboter . . . . .	596
6.3.2.6.2	Kugelkoordinatenroboter . . . . .	597
6.3.2.6.3	Teleskoparmroboter . . . . .	598
6.3.2.6.4	Kombinierter Knickarmroboter . . . . .	599
6.4	Mechanische Peripherie . . . . .	599
6.4.1	Greifer . . . . .	600
6.4.2	Werkzeuge . . . . .	605
6.4.3	Werkzeugwechselsysteme . . . . .	607
6.5	Steuerung und Programmierung . . . . .	609
6.5.1	Steuerungen . . . . .	609
6.5.2	Programmierung . . . . .	611
6.5.2.1	Manuelle Bewegungsführung . . . . .	613
6.5.2.2	Sensorgestützte Bewegungsführung . . . . .	613
6.5.2.3	Programmerstellung an der Steuerung . . . . .	614
6.5.2.4	Werkstattorientierte und Applikationsspezifische Programmierung . . . . .	614
6.5.2.5	Textbasierte Verfahren . . . . .	615
6.5.2.6	CAD-basierte Verfahren . . . . .	616
6.5.2.7	Implizite Programmierung . . . . .	617
7	<b>Zusammenfassung</b> . . . . .	618
8	<b>Literaturverzeichnis</b> . . . . .	619
9	<b>Sachwortverzeichnis</b> . . . . .	629