

# Inhaltsverzeichnis

<b>Werkzeugmaschinen in der Fertigung</b> .....	<b>25</b>
<b>1 Einführung</b> .....	<b>26</b>
1.1 Fertigung und Fertigungsverfahren .....	28
1.2 Einflussgrößen auf Maschinenkonzepte .....	30
1.3 Bezeichnungen der Werkzeugmaschinen .....	31
1.4 Anwenderkriterien für Auswahl und Einsatz von Werkzeugmaschinen .....	31
1.5 Technologische Trends .....	34
Quellen und weiterführende Literatur .....	36
<b>2 Prozessorientierung</b> .....	<b>37</b>
2.1 Organisation .....	37
2.2 Prozessorientierte Organisation .....	38
2.3 Prozessmanagement .....	42
2.4 Ablaufdiagramme und Prozessbeschreibung .....	46
2.5 Wertschöpfung in Prozessen .....	49
2.6 Verschwendung in Prozessen .....	50
Quellen und weiterführende Literatur .....	51
<b>3 Technische Kapazität</b> .....	<b>52</b>
3.1 Kapazität von Betriebsmitteln .....	54
3.2 Kapazität von Menschen .....	55
Quellen und weiterführende Literatur .....	56
<b>4 Kostengrundlagen der Werkzeugmaschinen</b> ...	<b>57</b>
4.1 Life Cycle Cost .....	57
4.2 Gliederung der Kostenarten .....	58
4.3 Break-Even-Diagramm .....	60
4.4 Bestimmung der einzelnen Kostenarten .....	60

4.5	Ablauf einer Kostenrechnung .....	66
4.6	Standardsituationen .....	67
	Quellen und weiterführende Literatur .....	75

## **5** Fertigungsmesstechnik ..... 76

5.1	Allgemeine Grundlagen der Messtechnik .....	77
5.1.1	Messtechnische Grundbegriffe .....	77
5.1.2	Struktur der Messeinrichtung .....	78
5.1.3	Einheiten und Einheitensystem .....	81
5.1.4	Messprinzipien, -methoden und -verfahren ..	82
5.1.5	Messabweichung .....	91
5.1.5.1	Ursachen für Messabweichungen ..	91
5.1.5.2	Arten von Messabweichungen .....	92
5.1.5.3	Unsicherheitsfortpflanzung .....	94
5.1.6	Statistische Auswertung .....	95
5.1.6.1	Stichprobenkenngrößen .....	95
5.1.6.2	Normalverteilung .....	96
5.1.6.3	Vertrauensintervalle .....	99
5.2	Messen geometrischer und mechanischer Größen ...	100
5.2.1	Längen und Winkelmessung .....	100
5.2.1.1	Werkstattmessgeräte .....	100
5.2.1.2	Resistive Aufnehmer .....	101
5.2.1.3	Induktive und kapazitive Aufnehmer	101
5.2.1.4	Pneumatische Aufnehmer .....	103
5.2.1.5	Inkrementale Aufnehmer .....	104
5.2.2	Positionsmesssysteme .....	105
5.2.2.1	Übersicht angewandeter Messverfahren .....	105
5.2.2.2	Funktionsstruktur der Wegmesssysteme .....	106
5.2.2.3	Funktion und Eigenschaften verschiedener Messprinzipien .....	107
5.2.2.4	Referenzmarken und Code- Messverfahren .....	113
5.2.2.5	Ausführungsformen .....	114
5.2.2.6	Mehrdimensionale Messungen .....	115
5.2.2.7	Auswertung und Datenübertragung .	116
5.2.3	Messen mechanischer Größen .....	118
5.2.3.1	Kraftmessung .....	118
5.2.3.2	Drehmomentenmessung mit DMS ...	120

5.2.3.3	Druckmessung	120
5.2.3.4	Zeit- und Drehzahlmessung	121
5.3	Temperaturmessung	122
5.3.1	Die internationale Temperaturskala	122
5.3.2	Widerstandsthermometer	123
5.3.3	Thermoelemente	124
5.4	Statistische Fertigungsüberwachung	124
5.4.1	Qualitätsregelkarten	125
5.4.1.1	Aufbau der Qualitätsregelkarten	125
5.4.1.2	Festlegung der Grenzwerte	126
5.4.1.3	Beurteilungskriterien	127
5.4.1.4	Qualitätsregelkarten mit Gedächtnis	128
5.4.2	Prozessfähigkeitskennzahlen	129
5.5	Prüfmittelüberwachung	130
5.5.1	Charakteristische Prüfmittleigenschaften	130
5.5.2	Kalibrierkette (Rückführung)	131
5.5.3	Gerätespezifische Überwachung	132
5.5.4	Prüfaufgabenbezogene Überwachung	132
	Quellen und weiterführende Literatur	133
<b>6</b>	<b>Industriedesign und Ergonomie</b>	<b>134</b>
6.1	Einordnung der Gestaltung	134
6.2	Gestalterische Mittel	138
6.3	Gestaltungsansätze	141
6.4	Ergonomie	142
6.4.1	Aufgaben der Ergonomie bei der Produktentwicklung und -gestaltung	145
6.4.2	Eigenschaften des Menschen	146
6.5	Beispiele	148
6.6	Zusammenfassung	152
	Quellen und weiterführende Literatur	152
	<b>Werkzeugmaschinen – Aufbau und Baugruppen</b>	<b>153</b>
<b>7</b>	<b>Grundlagen</b>	<b>154</b>
7.1	Definition und Klassifizierung der Werkzeug- maschinen	154
7.2	Aufgabe und Anforderungen	156
7.3	Genauigkeitskennwerte	158

7.4	Steifigkeit .....	160
7.4.1	Statische Steifigkeit .....	161
7.4.2	Dynamische Steifigkeit .....	165
7.5	Thermische Stabilität .....	173
7.6	Prozesssicherheit .....	175
7.7	Aufbau von Werkzeugmaschinen .....	176
	Quellen und weiterführende Literatur .....	177
<b>8</b>	<b>Gestelle .....</b>	<b>178</b>
8.1	Aufgaben und Anforderungen .....	178
8.2	Gestellkonzepte .....	179
8.3	Werkstoffe .....	182
8.4	Dynamische Zusatzsysteme .....	184
	Quellen und weiterführende Literatur .....	184
<b>9</b>	<b>Führungen .....</b>	<b>186</b>
9.1	Aufgaben und Anforderungen .....	186
9.2	Hydrodynamische Gleitführungen .....	188
9.3	Hydro- und aerostatische Gleitführungen .....	191
9.4	Wälzführungen .....	195
9.5	Führungsbahnschutz .....	197
	Quellen und weiterführende Literatur .....	198
<b>10</b>	<b>Hauptspindel .....</b>	<b>200</b>
10.1	Aufgaben und Anforderungen .....	200
10.2	Wälzgelagerte Hauptspindeln .....	203
10.3	Hydrostatische Spindellagerungen .....	209
	Quellen und weiterführende Literatur .....	210
<b>11</b>	<b>Hauptantrieb .....</b>	<b>211</b>
11.1	Aufgaben und Anforderungen .....	211
11.2	Antriebsmotoren mit stufenloser Drehzahlregelung ..	212
11.3	Bauarten von Hauptantrieben .....	217
	Quellen und weiterführende Literatur .....	220

<b>12</b>	<b>Vorschubantriebe</b> .....	<b>221</b>
12.1	Aufgabe und Anforderungen .....	221
12.2	Elektrische Antriebsmotoren .....	222
12.3	Getriebe in Vorschubantrieben .....	225
12.4	Lageregelung .....	229
12.5	Auslegung von Vorschubantrieben .....	232
	Quellen und weiterführende Literatur .....	235
<b>13</b>	<b>Positions- und Winkelmesssysteme</b> .....	<b>236</b>
13.1	Aufgabe und Anforderungen .....	236
13.2	Messverfahren .....	238
13.3	Messprinzipien .....	241
13.4	Schnittstellen .....	243
13.5	Ausführungsformen .....	244
	13.5.1 Längenmessgeräte .....	245
	13.5.2 Winkelmessgeräte .....	245
	13.5.3 Drehgeber .....	246
	Quellen und weiterführende Literatur .....	246
<b>14</b>	<b>Schnittstellen für Werkzeug- und Werkstückspannmittel</b> .....	<b>247</b>
14.1	Aufgaben und Anforderungen .....	247
14.2	Schnittstellen für Werkzeugspannmittel .....	249
14.3	Schnittstellen für Werkstückspannmittel .....	253
	Quellen und weiterführende Literatur .....	254
<b>15</b>	<b>Spannmittel</b> .....	<b>255</b>
15.1	Aufgaben und Anforderungen .....	255
15.2	Spannmittel für zylindrische Werkzeuge .....	256
15.3	Spannmittel für Werkstücke mit regelmäßiger Grundgeometrie .....	258
15.4	Spannvorrichtungen .....	260
	Quellen und weiterführende Literatur .....	261

<b>16</b>	<b>Steuerungstechnik</b> .....	<b>262</b>
16.1	Definition und Abgrenzung .....	262
16.2	Einteilung von Steuerungen .....	266
16.3	Speicherprogrammierbare Steuerungen .....	270
16.3.1	Arbeitsweise der SPS .....	271
16.3.2	Programmierung einer SPS .....	272
16.3.3	Zeitverhalten .....	275
16.4	Numerische Steuerungen .....	276
16.5	NC-Programme .....	278
	Quellen und weiterführende Literatur .....	279
<b>17</b>	<b>NC-Programmiermethoden</b> .....	<b>281</b>
17.1	Programmierverfahren .....	281
17.1.1	Manuelle und werkstatorientierte Programmierung .....	281
17.1.2	Rechnergestützte Programmierung .....	282
17.2	Fräsen .....	284
17.2.1	2,5D-Bearbeitung .....	284
17.2.2	3D-Bearbeitung .....	286
17.3	Drehen .....	287
	Quellen und weiterführende Literatur .....	288
	<b>Werkzeugmaschinen für umformende Fertigungsverfahren</b> .....	<b>289</b>
<b>18</b>	<b>Umformmaschinen</b> .....	<b>290</b>
18.1	Umformende Fertigungsverfahren .....	290
18.2	Aufgaben, Einteilung und Kenngrößen .....	291
18.3	Pressmaschinen .....	293
	Quellen und weiterführende Literatur .....	296
<b>19</b>	<b>Hämmer</b> .....	<b>297</b>
19.1	Funktionsprinzip und Bauformen .....	297
19.2	Maschinenkenngrößen .....	299
19.3	Antriebsarten und Steuerung .....	300
19.4	Fertigungsaufgaben .....	301
	Quellen und weiterführende Literatur .....	302

<b>20</b>	<b>Schwungrad-Spindelpressen</b> .....	<b>303</b>
20.1	Kenngößen und Funktionsprinzip .....	303
20.2	Antriebsbauarten .....	304
20.3	Einsatzbeispiele .....	306
	Quellen und weiterführende Literatur .....	307
<b>21</b>	<b>Mechanische Pressen</b> .....	<b>308</b>
21.1	Kurbel- und Exzenterpressen .....	310
21.2	Kniehebel-/Doppelkniehebelpressen .....	313
21.3	Gelenkpressen .....	314
21.4	Einsatzgebiete mechanischer Pressen .....	315
21.5	Mechanische Pressenanlagen und Produktionssysteme .....	317
21.6	Mehrstufenpressen .....	321
21.7	Servopressen .....	322
	Quellen und weiterführende Literatur .....	327
<b>22</b>	<b>Rundknetmaschinen</b> .....	<b>328</b>
	Quellen und weiterführende Literatur .....	330
<b>23</b>	<b>Hydraulische Pressen</b> .....	<b>331</b>
23.1	Hydraulische Ziehpressen .....	332
23.2	Hydraulische Pressen für das Tiefziehen mit Wirkmedien .....	335
23.3	Hydraulikpressen in der Massivumformung .....	337
23.4	Hydraulische Pressen für die Innen-Hochdruck- Umformung .....	339
23.5	Strang- und Rohrpressen .....	343
	Quellen und weiterführende Literatur .....	344
<b>24</b>	<b>Zieh- und Drückmaschinen</b> .....	<b>346</b>
24.1	Drahtziehmaschinen .....	346
24.2	Walzziehmaschinen .....	348
24.3	Ziehbänke, Profilziehmaschinen .....	349
24.4	Drückmaschinen .....	350
	Quellen und weiterführende Literatur .....	352

<b>25</b>	<b>Walzmaschinen</b> .....	<b>353</b>
25.1	Flachwalzanlagen .....	354
25.2	Drückwalzmaschinen .....	356
25.3	Ringwalzmaschinen .....	357
25.4	Querwalzanlagen .....	358
25.5	Gewindewalzmaschinen .....	360
25.6	Glatt- und Festwalzmaschinen .....	361
	Quellen und weiterführende Literatur .....	363
<b>26</b>	<b>Biegemaschinen</b> .....	<b>364</b>
26.1	Gesenkbiegepressen .....	364
26.2	Schwenkbiegemaschinen .....	366
26.3	Blechbiegezentren .....	367
26.4	Stanz-Biegeautomaten .....	368
26.5	Rundbiegemaschinen .....	370
26.6	Profil- und Rohrbiegemaschinen .....	371
26.7	Walzprofilier- oder Rollformanlagen .....	372
	Quellen und weiterführende Literatur .....	373
	<b>Werkzeugmaschinen für zerteilende Fertigungsverfahren</b> .....	<b>375</b>
<b>27</b>	<b>Zerteilende Fertigungsverfahren</b> .....	<b>376</b>
	Quellen und weiterführende Literatur .....	378
<b>28</b>	<b>Scheren</b> .....	<b>379</b>
28.1	Tafelscheren .....	379
28.2	Streifenscheren .....	381
28.3	Kurvenscheren .....	382
28.4	Winkelscheren .....	383
	Quellen und weiterführende Literatur .....	383
<b>29</b>	<b>Schneid- und Stanzmaschinen</b> .....	<b>384</b>
29.1	Feinschneidpressen .....	386
29.2	CNC-Stanzmaschinen .....	389
	Quellen und weiterführende Literatur .....	391



<b>30</b>	<b>Laser- und Plasmaschneidanlagen</b>	<b>392</b>
30.1	Laserschneidtechnologien	392
30.2	Laserschneidanlagen	394
30.3	Plasmaschneidanlagen	396
	Quellen und weiterführende Literatur	397
<b>31</b>	<b>Wasserstrahlschneidanlagen</b>	<b>398</b>
31.1	Funktionsprinzip	398
31.2	Aufbau und Systemkomponenten	399
31.3	Programmier- und Bedieneinheit	401
31.4	Einsatzgebiete	402
	Quellen und weiterführende Literatur	403
	<b>Werkzeugmaschinen für Werkzeuge mit geometrisch bestimmten Schneiden</b>	<b>405</b>
<b>32</b>	<b>Drehmaschinen</b>	<b>406</b>
32.1	Allgemeine konstruktive Anforderungen	406
32.2	Aufbau von Werkzeugmaschinen	409
32.3	Konzept zur Drehbearbeitung	411
32.4	Einteilung der Drehverfahren	412
32.5	Berechnungsgleichungen Drehen	413
	32.5.1 Schnittwerte	413
	32.5.2 Schnittkräfte	414
	32.5.3 Leistungen	414
32.6	Informationen über Drehmaschinen	416
32.7	Bauformen und Ausführungen	417
	32.7.1 Bauformen nach Bett und Arbeitsspindel	418
	32.7.2 Ausführungen von Drehmaschinen	420
	32.7.3 Drehmaschinen mit Leit- und Zugspindel	421
	32.7.4 Universal-Drehmaschinen	422
	32.7.5 Produktionsdrehautomaten	424
	32.7.6 Dreh-Fräsmaschinen	425
	32.7.7 Vertikal-Drehmaschinen	427
	Quellen und weiterführende Literatur	430

**33 CNC-gesteuerte Mehrspindel-Drehautomaten . . . 432**

33.1	Definition von Mehrspindel-Drehautomaten . . . . .	432
33.2	Prinzipielle Arbeitsweisen von Mehrspindel-Drehautomaten . . . . .	432
33.3	Typische Einsatzbereiche und Verbreitung dieser Maschinen . . . . .	433
33.4	Der Übergang von kurvengesteuerten zu CNC-gesteuerten Maschinen . . . . .	434
33.5	Funktions- und Anwendungserweiterung mit der CNC-Technik . . . . .	435
33.6	Konzeption moderner CNC-Mehrspindel-Drehautomaten . . . . .	439
33.7	Arbeitsspindeln und Spindeltrommel . . . . .	441
33.8	Werkzeugschlitten . . . . .	443
33.8.1	Aufbau und Antrieb . . . . .	443
33.8.2	Schlittenführungen . . . . .	443
33.8.3	Y-Achse . . . . .	444
33.8.4	Anordnung der Werkzeugschlitten . . . . .	445
33.9	Schwenksynchronspindel . . . . .	445
33.9.1	Aufbau . . . . .	445
33.9.2	Arbeitsweise der Schwenksynchronspindel . . . . .	446
33.9.3	Doppelte Schwenksynchronspindel für die Rückseitenbearbeitung . . . . .	447
33.10	Werkzeugsysteme . . . . .	448
33.11	Stangenführungen und Stangenlademagazine . . . . .	449
33.12	Werkstückhandhabung . . . . .	451
33.13	Spezifische Steuerung bei CNC-Mehrspondlern . . . . .	452
33.14	Arbeitsplanung und Programmierung . . . . .	454
33.15	Ausblick . . . . .	456
	Quellen und weiterführende Literatur . . . . .	456

**34 Flachbettdrehmaschinen . . . . . 457**

34.1	Bauformen und Ausführungen . . . . .	457
34.2	Ausstattung der Maschinen . . . . .	460
34.3	Baugruppen der Flachbettdrehmaschinen . . . . .	461
34.4	Steuerung und Programmierung . . . . .	463
34.5	Fertigungsbeispiele . . . . .	463
34.6	Berechnungsgleichungen und Anhaltswerte . . . . .	465
	Quellen und weiterführende Literatur . . . . .	465

<b>35</b>	<b>Drehbearbeitungszentren für Großteile</b>	<b>467</b>
35.1	Bauformen und Ausführungen	467
35.2	Ausstattung der Maschinen	468
35.3	Fertigungsbeispiele	469
	Quellen und weiterführende Literatur	471
<b>36</b>	<b>Bohrmaschinen und Bearbeitungszentren</b>	<b>472</b>
36.1	Fertigungsverfahren mit Bohrwerkzeugen	472
36.2	Bauformen und Ausführungen	473
36.3	Ausstattungen der Maschinen	475
36.4	Gantry-Konzept in 3- und 5-Achsen Ausführung	476
36.5	Produktivität – Effizienz	476
36.6	Das Konzept der Gantrybauweise	477
36.7	Bearbeitungszentrum – Technik, Bedienung und Nutzen	478
36.8	Entwicklung von Bearbeitungszentren	480
36.9	Grundaufbau Bearbeitungszentrum in Gantrybauweise	481
36.10	Fahrwerk des Bearbeitungszentrums	482
36.11	ALZMETALL-Spezifisches-Gantry-Konzept (ASGK)	483
36.12	Schwenk-Dreh-Kombination (SDK)	484
36.13	Automatischer Werkzeugwechsel	485
36.14	Fertigungsbeispiele	485
36.15	CNC-Steuerungen	487
	Quellen und weiterführende Literatur	488
<b>37</b>	<b>Tiefbohrmaschinen</b>	<b>489</b>
37.1	Tiefbohren	489
37.1.1	Einlippenbohren	490
37.1.2	BTA (STS)-Bohren	493
37.1.3	Ejektorbohren	495
37.1.4	Tiefbohren mit Wendeltiefbohrwerkzeugen	496
37.2	Tiefbohrmaschinen	496
37.2.1	Standardtiefbohrmaschinen	497
37.2.1.1	Tiefbohrmaschine für Einlippenbohren	497
37.2.1.2	Tiefbohrmaschinen zum BTA (STS)-Bohren	500
37.2.1.3	Tiefbohrmaschine für Ejektorbohren	501

37.2.2	Kühlschmierstoffanlage .....	501
37.2.3	Steuerung/Prozesskontrolle .....	503
37.2.4	Automatisierungseinrichtungen .....	504
37.2.4.1	Automatischer Werkstückwechsel ...	504
37.2.4.2	Automatischer Werkzeugwechsel ...	505
37.2.5	Anwendungsspezifische Maschinen .....	506
37.2.5.1	Sondermaschinen für Einlippenbohren .....	506
37.2.5.2	Sondertiefbohrmaschinen für BTA (STS)-Bearbeitung .....	508
37.3	Anwendungen der Tiefbohrverfahren .....	509
37.3.1	Einlippenbohren .....	509
37.3.2	BTA (STS)-Bohren .....	510
	Quellen und weiterführende Literatur .....	512

## **38 Tiefbohrmaschinen für große Bohrdurchmesser .....** 513

38.1	Bauformen und Ausführungen .....	514
38.2	Ausstattung der Maschinen .....	516
38.3	Baugruppen der Tiefbohrmaschinen .....	518
38.4	Steuerung und Programmierung .....	519
38.5	Fertigungsbeispiele .....	520
38.6	Berechnungsgleichungen und Anhaltswerte .....	521
	Quellen und weiterführende Literatur .....	522

## **39 Fräsmaschinen .....** 523

39.1	Einteilung der Fräsverfahren .....	523
39.2	Berechnungsgleichungen Fräsen .....	526
39.3	Bauformen und Ausführungen .....	528
	Quellen und weiterführende Literatur .....	532

## **40 Universalfräsmaschinen .....** 533

40.1	Steuerungen .....	533
40.2	Universalmaschinen bis 1000 mm Tischdurchmesser .	534
40.2.1	Einstiegs-Universalmaschinen .....	534
40.2.2	Universalmaschinen .....	537
40.3	Bettfräsmaschinen .....	544
40.4	Fahrständermaschinen .....	548

40.5	Technologieintegration .....	551
40.5.1	Fräs-Dreh-Technologie .....	551
40.5.2	Laser-Integration .....	552
<b>41</b>	<b>Bearbeitungszentren .....</b>	<b>554</b>
41.1	Steuerungen .....	554
41.2	Horizontale Bearbeitungszentren (HBZ) .....	555
41.3	Vertikale Bearbeitungszentren .....	560
41.4	Tapping Center .....	565
<b>42</b>	<b>Portalfräsmaschinen .....</b>	<b>569</b>
42.1	Bauformen und Ausführungen .....	569
42.2	Ausstattung der Maschinen .....	572
42.3	Baugruppen .....	574
42.4	Steuerung und Programmierung .....	576
42.5	Fertigungsbeispiele .....	576
	Quellen und weiterführende Literatur .....	578
<b>43</b>	<b>HSC contra 5-Achsen-Simultanbearbeitung ....</b>	<b>579</b>
43.1	Begriffsklärung .....	579
43.2	HSC-Einsatz .....	580
43.3	HSC-Vorteile .....	581
43.4	Modifizierte Gantry-Bauweise .....	581
43.5	Mechanik und Antriebstechnik .....	583
43.6	CNC-Steuerungen .....	584
43.7	Programmierung und Software .....	585
43.8	5-Achsen-Komplettbearbeitung .....	586
43.9	Fertigungsbeispiele .....	587
	Quellen und weiterführende Literatur .....	589
<b>44</b>	<b>Räummaschinen .....</b>	<b>590</b>
44.1	Räumen .....	590
44.1.1	Allgemeines .....	590
44.1.2	Innenräumen .....	591
44.1.3	Außenräumen .....	592
44.2	Räumwerkzeuge .....	593
44.2.1	Allgemeines .....	593

44.2.2	Berechnungsgleichungen und Anhaltswerte zur Auslegung von Räumwerkzeugen .....	594
44.3	Bauarten von Räummaschinen .....	596
44.3.1	Innenräummaschinen .....	597
44.3.2	Außenräummaschinen .....	598
44.4	Ausstattungen der Maschinen .....	599
44.4.1	Innenräummaschinen .....	599
44.4.2	Außenräummaschinen .....	600
44.5	Antriebe .....	601
44.6	Zubehör .....	602
44.7	Steuerung und Programmierung .....	603
44.8	Bearbeitungsbeispiele .....	604
44.8.1	Räumen von Haltern an Scheibenbremsen ...	604
44.8.2	Räumen von Lenkzahnstangen .....	605
	Quellen und weiterführende Literatur .....	605
<b>45</b>	<b>Sägemaschinen .....</b>	<b>607</b>
45.1	Fertigungsverfahren mit Sägemaschinen .....	607
45.1.1	Bügelsägen .....	607
45.1.2	Kreissägen .....	608
45.1.3	Bandsägen .....	609
45.2	Abgrenzung der Sägeverfahren .....	611
45.3	Bauformen und Ausführungen .....	613
45.4	Steuerung und Technologie-Einstellung .....	617
45.5	Anwendungsorientierte Ausstattung von Sägemaschinen .....	618
45.5.1	Universalsägen im Werkstatt-Einsatz .....	618
45.5.2	Trägersägen .....	618
45.5.3	Mengensägen in der Großserienfertigung ...	619
45.5.4	Auftragssägen in Industrie und Handel .....	620
45.5.5	Großbearbeitung .....	624
45.5.6	Lagertechnik im Sägenumfeld .....	626
	Quellen und weiterführende Literatur .....	628

<b>Werkzeugmaschinen für Werkzeuge mit geometrisch unbestimmten Schneiden</b> .....	<b>629</b>
<b>46 Rundschleifmaschinen</b> .....	<b>630</b>
46.1 Fertigungsverfahren Schleifen .....	630
46.2 Werkzeugsysteme zum Rundschleifen .....	631
46.2.1 Schleifwerkzeuge .....	631
46.2.1.1 Aufbau von Schleifscheiben .....	631
46.2.1.2 Kennzeichnung von Schleifscheiben .....	633
46.2.2 Abrichtverfahren .....	634
46.2.3 Kühlschmierstoff .....	638
46.3 Der Schleifprozess .....	638
46.3.1 Stellgrößen beim Schleifen .....	639
46.3.2 Prozessgrößen beim Schleifen .....	640
46.3.3 Ausgangsgrößen beim Schleifen .....	642
46.3.4 Wirtschaftlichkeit des Schleifens .....	643
46.4 Rundschleifverfahren .....	645
46.4.1 Außenrundschleifen .....	646
46.4.2 Innenrundschleifen .....	647
46.4.3 Spitzenlosschleifen .....	648
46.5 Rundschleifmaschinen .....	649
46.5.1 Bauarten von Rundschleifmaschinen .....	650
46.5.1.1 Mechanische Komponenten .....	650
46.5.1.2 Elektrische Komponenten .....	651
46.5.2 Fertigungsbeispiele .....	652
Quellen und weiterführende Literatur .....	654
<b>47 Umfangsplan- und Profilschleifmaschinen</b> .....	<b>655</b>
47.1 Einteilung nach DIN 8589, Teil 11 .....	655
47.2 Generelle Maschinenanforderungen .....	657
47.2.1 Führungen .....	658
47.2.2 Antriebe .....	658
47.2.2.1 Achsantriebe .....	659
47.2.2.2 Hauptantriebe .....	659
47.2.2.3 Messsysteme .....	659
47.3 Spezielle Maschinenanforderungen .....	661
47.3.1 Einzelteil- und Kleinserienfertigung .....	661
47.3.1.1 Technologie .....	662
47.3.1.2 Abrichtverfahren .....	664

47.3.2	Mittel- und Großserienfertigung .....	669
47.3.2.1	Technologie .....	669
47.3.2.2	Abrichtverfahren .....	670
47.3.3	Anlagen für Massenproduktion .....	678
47.4	Maschinenkinematiken .....	680
47.4.1	Supportbauweise .....	681
47.4.2	Fahrständerbauweise .....	683
47.4.2.1	Schulterführungsbauweise .....	683
47.4.2.2	Fahrständer mit Kreuzschlitten .....	685
47.4.2.3	Fahrständer mit Kreuzschlitten und Rundtisch .....	685
47.4.3	Auslegerbauweise .....	686
47.4.4	Schleifzentrum mit Schwenkspindel .....	687
47.4.4	Portalbauweise .....	688
47.4.6	Rundtischmaschinen .....	689
47.4.7	Maschinen zum Plan-Seitenschleifen .....	690
47.5	Steuerungstechnik .....	691
47.5.1	Manuelle Maschinen .....	691
47.5.2	Einfache NC-Maschinen .....	691
47.5.3	CNC-bahngesteuerte Maschinen .....	692
47.6	Anforderungen für den Einsatz von hochharten Schneidstoffen .....	694
47.6.1	CBN-Schleifscheiben mit galvanischer Bindung .....	695
47.6.2	CBN-Schleifscheiben mit keramischer Bindung .....	696
47.6.3	CBN-Schleifscheiben mit sonstigen Bindungen .....	697
47.6.4	Diamantschleifscheiben .....	697
47.7	Anhaltswerte zum Leistungsbedarf .....	698
47.8	Zusammenfassung .....	699
	Quellen und weiterführende Literatur .....	699

## **48** Honmaschinen ..... 701

48.1	Der Honprozess .....	701
48.1.1	Einleitung .....	701
48.1.2	Kinematik und Oberflächenentstehung .....	702
48.2	Langhubhonen .....	704
48.2.1	Aufbau von Langhubhonenmaschinen .....	704
48.2.1.1	Bauarten .....	704
48.2.1.2	Hubantrieb und Zustellsysteme .....	707



48.2.2	Honwerkzeuge und Kühlschmiersysteme . . . .	708
48.2.3	Fertigungsaufgaben . . . . .	710
48.2.3.1	Zylinderlaufbahnen . . . . .	710
48.2.3.2	Dornhonen von Kurbelwellen- lagerbohrungen . . . . .	711
48.3	Kurzhubhonen - Superfinishen . . . . .	712
48.3.1	Aufbau von Kurzhubhonmaschinen . . . . .	714
48.3.2	Kühlschmiersystem . . . . .	716
48.3.3	Finishwerkzeuge . . . . .	717
48.3.3.1	Oszillierende Finishwerkzeuge . . . . .	717
48.3.3.2	Rotierende Finishwerkzeuge . . . . .	719
48.3.4	Fertigungsaufgaben . . . . .	720
	Quellen und weiterführende Literatur . . . . .	723