

# Taschenbuch der Werkzeugmaschinen

Bearbeitet von  
Klaus-Jörg Conrad

3., neu bearbeitete Auflage 2015. Taschenbuch. 744 S. Paperback

ISBN 978 3 446 43855 2

Format (B x L): 13,5 x 19,5 cm

Gewicht: 822 g

[Weitere Fachgebiete > Technik > Produktionstechnik > Fertigungstechnik](#)

schnell und portofrei erhältlich bei

  
DIE FACHBUCHHANDLUNG

Die Online-Fachbuchhandlung [beck-shop.de](http://beck-shop.de) ist spezialisiert auf Fachbücher, insbesondere Recht, Steuern und Wirtschaft. Im Sortiment finden Sie alle Medien (Bücher, Zeitschriften, CDs, eBooks, etc.) aller Verlage. Ergänzt wird das Programm durch Services wie Neuerscheinungsdienst oder Zusammenstellungen von Büchern zu Sonderpreisen. Der Shop führt mehr als 8 Millionen Produkte.



## Leseprobe

Taschenbuch der Werkzeugmaschinen

Herausgegeben von Klaus-Jörg Conrad

ISBN (Buch): 978-3-446-43855-2

ISBN (E-Book): 978-3-446-43816-3

Weitere Informationen oder Bestellungen unter

<http://www.hanser-fachbuch.de/978-3-446-43855-2>

sowie im Buchhandel.

# 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 Prüfmittelleigenschaften ...	130
	5.5.2	Kalibrierkette (Rückführung) .....	131
	5.5.3	Gerätespezifische Überwachung .....	132
	5.5.4	Prüfaufgabenbezogene Überwachung .....	132
		Quellen und weiterführende Literatur .....	133

## **6 Industriedesign und Ergonomie ..... 134**

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

## **Werkzeugmaschinen – Aufbau und Baugruppen .... 153**

## **7 Grundlagen ..... 154**

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	Kenngrößen 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

**30 Laser- und Plasmaschneidanlagen ..... 392**

- 30.1 Laserschneidtechnologien ..... 392
- 30.2 Laserschneidanlagen ..... 394
- 30.3 Plasmaschneidanlagen ..... 396
- Quellen und weiterführende Literatur ..... 397

**31 Wasserstrahlschneidanlagen ..... 398**

- 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

**Werkzeugmaschinen für Werkzeuge mit geometrisch bestimmten Schneiden ..... 405**

**32 Drehmaschinen ..... 406**

- 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-Mehrspindlern .....	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

**45 Sägemaschinen ..... 607**

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



**Werkzeugmaschinen für Werkzeuge mit geometrisch unbestimmten Schneiden ..... 629**

**46 Rundschleifmaschinen ..... 630**

- 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

**47 Umfangsplan- und Profilschleifmaschinen ..... 655**

- 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 Langhubhonmaschinen .....	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

	<b>Sachwortverzeichnis</b>	<b>724</b>
--	----------------------------	------------

# Vorwort

Das „Taschenbuch der Werkzeugmaschinen“ wurde für die 3. Auflage neu bearbeitet, um die Entwicklung und den Stand der Technik durch neue Beiträge und aktualisierte Kapitel darzustellen.

Neue und bewährte Autoren haben praxisorientiert die Werkzeugmaschinen und die Fachgebiete vorgestellt, die für deren Einsatz in der Produktion sinnvoll sind. Das wesentliche Ziel des Herausgebers und aller Autoren ist eine kurze und übersichtliche Darstellung der Themen mit Beispielen und Anwendungen moderner Werkzeugmaschinen für den Einsatz in der Fertigung.

In diesem Taschenbuch sind natürlich nicht alle Werkzeugmaschinenarten und deren Einsatzmöglichkeiten enthalten. Es bietet aber einen sorgfältig zusammengestellten Überblick der modernen Werkzeugmaschinen mit den Fertigungsverfahren.

Dieses Buch soll Ingenieure, Techniker und Interessierte ansprechen, die insbesondere in den Bereichen Konstruktion, Planung und Fertigung tätig sind. Dazu gehören auch Studentinnen und Studenten aller Hochschularten, um den aktuellen Stand der Technik im Werkzeugmaschinenbau kurz und einprägsam zur Verfügung zu haben.

In diesem Buch sind stets Frauen und Männer gemeint, auch wenn nur die männliche Form zur Übersichtlichkeit verwendet wird.

Das Taschenbuch ist in Bereiche gegliedert, die als Hauptkapitel auf die folgenden Inhalte hinweisen. Das Hauptkapitel Werkzeugmaschinen in der Fertigung enthält Beiträge, die für alle behandelten Bereiche gelten. Das notwendige Grundlagenwissen über den Aufbau und die Baugruppen der Maschinenarten wird im Folgenden Bereich vorgestellt. Die Einteilung der Werkzeugmaschinen erfolgte nach den Fertigungsverfahren, für die diese Maschinen eingesetzt werden. Die Kapitel der Werkzeugmaschinen enthalten auch Fertigungsbeispiele und Erfahrungswerte, um mögliche Einsatzfälle in der Praxis zu erkennen.

Das Fachgebiet Werkzeugmaschinen hat für viele Bereiche der Technik eine besondere Bedeutung. Die Entwicklung neuer Produkte erfordert oft neue Fertigungsverfahren und noch leistungsfähigere Werkzeugma-

schinen einzusetzen. Neue Erkenntnisse und die Entwicklung neuer leistungsfähiger Komponenten in der Steuerungs- und Antriebstechnik sowie in der Spanntechnik und bei den Werkzeugsystemen sorgen für ständige Herausforderungen im Werkzeugmaschinenbau, mit dem Ergebnis neuer, praxisorientierter Maschinenkonzepte.

Der Herausgeber dankt allen Autoren für die gute Zusammenarbeit, ihre Zeit und die Bereitstellung ihres Wissens, die sie durch die Übernahme von Beiträgen geleistet haben. Allen auf den letzten Seiten genannten Unternehmen, die Bildmaterial und Unterlagen zur Verfügung gestellt haben, danke ich ebenfalls. Für die Unterstützung durch Frau Klafki (NAGEL), Frau Leins (INDEX), Frau Lindner (WEILER), Frau März (KASTO) und Frau Matthäi (DECKEL MAHO) sowie durch Herrn Schöpfer (GILDEMEISTER) vielen Dank.

Bedanken möchte ich mich auch bei den Verfassern der Fachliteratur über Werkzeugmaschinen und die behandelten Fachgebiete, von denen viele bewährte Darstellungen als Anregungen dienten.

Besonderer Dank für die sehr gute Zusammenarbeit gilt Frau Ute Eckardt und Frau Katrin Wulst vom Fachbuchverlag Leipzig, die sich sehr engagiert für die Betreuung und die Realisierung dieses Taschenbuches eingesetzt haben.

Anregungen, Hinweise und Stellungnahmen zur Verbesserung des Taschenbuches nehmen der Herausgeber und alle Autoren gern entgegen und werden diese für weitere Auflagen berücksichtigen.

Burgdorf, im April 2015

*Klaus-Jörg Conrad*

**Drehmaschinen** sind Werkzeugmaschinen zur Bearbeitung von in der Regel rotationssymmetrischen Werkstücken mit spanenden Fertigungsverfahren. Die Schnittbewegung erfolgt durch die Rotation des Werkstücks. Durch das Verfahren der Werkzeuge mit dem Bettschlitten entstehen die Vorschubbewegungen. Als Fertigungsverfahren sind Drehen, Bohren, Fräsen und weitere je nach Ausstattung der Drehmaschinen nutzbar, um die unterschiedlichsten Werkstücke herzustellen.

### ■ 32.1 Allgemeine konstruktive Anforderungen

Der Fertigungsprozess auf Werkzeugmaschinen muss höchste Anforderungen erfüllen. Dies gilt nicht nur für die Durchführung des technologischen Verfahrensablaufs, sondern auch für die Steuerung und Organisation des Einsatzes der Werkzeugmaschinen, um eine wirtschaftliche Arbeitsweise sicherzustellen. Außerdem müssen Vorschriften und Gesetze eingehalten werden, die die konstruktive Gestaltung der Maschine beeinflussen [32.1].

Die Funktionen von CNC-gesteuerten Werkzeugmaschinen für Fertigungsaufgaben sind von vielen Einflussfaktoren und Anforderungen abhängig, die ausführlich z. B. von *Weck* oder *Spur* behandelt werden. Unabhängig von der Art des Fertigungsverfahrens sind immer folgende **Anforderungen an Werkzeugmaschinen** nach *Weck* sehr wichtig: [32.2]

- Genauigkeit bei statischer, dynamischer und thermischer Belastung,
- Festigkeitsverhalten der stark belasteten Maschinenteile,
- Sicherheit der Fertigungseinrichtung,
- Umweltverhalten (Geräusche, Staub, Kühlschmierstoffe usw.),
- Automatisierung der Maschinen einschließlich des Materialflusses.

Bild 32.1 enthält eine Übersicht der Anforderungen.

Die **Genauigkeit von Werkzeugmaschinen** hat nach *Spur* als Leitmotiv für eine hohe Produktqualität zentrale Bedeutung. Verformungen an der Bearbeitungsstelle in der Maschine durch das statische, dynamische und thermische Verhalten sämtlicher im Kraftfluss liegender Baugruppen beeinflusst z. B. die Genauigkeit. Aus diesen Maschineneigenschaften ergeben sich die Fertigungsgenauigkeit, die Oberflächengüte der Werkstücke sowie die ausnutzbare Leistung der Maschine und damit die Produktivität. [32.3]

Die Wirtschaftlichkeit der Maschinen wird zum Teil durch das Einhalten der Vorschriften für die Sicherheit und das Umweltverhalten beeinträchtigt. Damit werden aber als Ziele menschenwürdige Arbeitsplätze und geringe Unfallhäufigkeit erreicht.

Der wirtschaftliche Einsatz wird außerdem durch den Grad der **Automatisierung** bestimmt. Die Automatisierung beschränkt sich nicht nur auf den Ablauf des eigentlichen Bearbeitungsprozesses, sondern auch auf die Beschickung der Maschinen. Dazu gehören die Ver- und Entsorgung mit Werkstücken, Werkzeugen und Spänen. Werkzeugmaschinen können ihre Aufgabe als Produktionsmittel nur dann optimal erfüllen, wenn sie unter Berücksichtigung dieser Grundforderungen an die vorgesehenen Fertigungsaufgaben angepasst werden.

Die **Fertigungsaufgabe** ergibt sich aus den Angaben auf den technischen Zeichnungen durch die Konstruktion. Die Kenntnisse und Erfahrungen in der Konstruktion über Werkzeugmaschinen und Produktionstechnik haben entscheidenden Einfluss auf wirtschaftliche Fertigung. Entsprechend der Fertigungsaufgabe und dem gewählten Verfahren sind die den Arbeitsraum bestimmenden Kenngrößen, wie Anzahl und Lage der Bewegungsachsen sowie die funktionalen Eigenschaften der Bearbeitungseinheiten festzulegen. Die geforderte Genauigkeit und Oberflächengüte der Werkstücke muss durch die Auslegung der Werkzeugmaschine gewährleistet sein. Die Vielfalt der Bearbeitungsaufgaben und die Losgrößen bestimmen die Art und den Grad der Automatisierung.

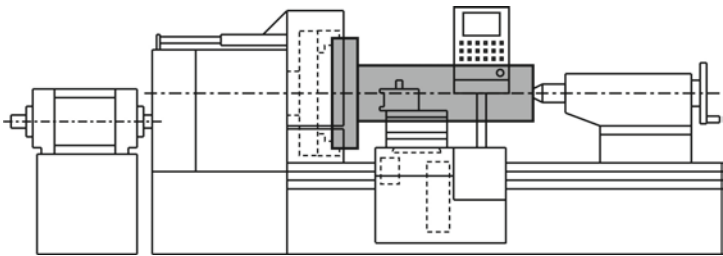


Bild 32.1 Werkzeugmaschinen - Anforderungen und Einflussgrößen [nach 32.1]



## ■ 32.2 Aufbau von Werkzeugmaschinen

Die Werkzeugmaschinen müssen zur Formgebung der Werkstücke die **Relativbewegungen** zwischen Werkzeug und Werkstück ermöglichen. Die Steuerung der Relativbewegungen kann manuell oder automatisch erfolgen. Die Relativbewegung als wichtigste Funktion der Werkzeugmaschinen kann aufgeteilt werden in Hauptbewegung und Vorschub- bzw. Zustellbewegung. Am Beispiel einer Drehmaschine im Bild 32.2 wird das System Werkzeugmaschine mit typischen Baugruppen vorgestellt. [32.1]

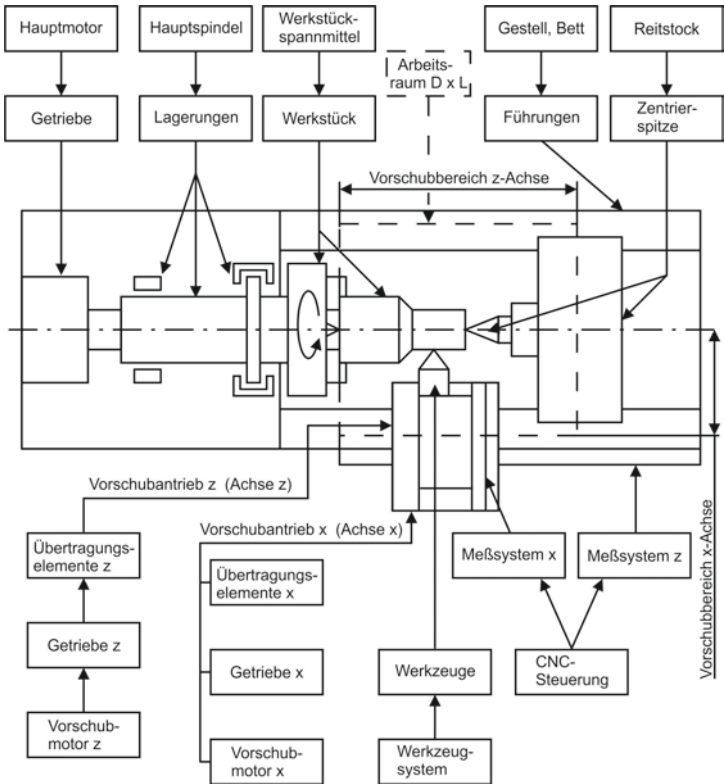


**Bild 32.2** CNC-Drehmaschine; vereinfachte Darstellung (nach Fa. Wohlenberg) [32.1]

Es müssen Baugruppen vorhanden sein, die die entsprechenden Bewegungen unter Aufnahme von Kräften ermöglichen und es sind geeignete Antriebe erforderlich. Die Antriebe und alle Hilfsfunktionen müssen gesteuert werden. Alle Baugruppen werden in der Regel auf einem Gestell angeordnet und ergeben eine transportierbare Einheit Werkzeugmaschine.

Bei der in Bild 32.2 dargestellten Drehmaschine handelt es sich um eine **Spitzendrehmaschine** für große Werkstückdurchmesser und Werkstücklängen mit entsprechenden Werkstückgewichten. Diese Drehmaschine wird als **Modularsystem** mit Standardbaugruppen für alle erforderlichen Werkstücke und Bearbeitungsaufgaben eingesetzt.

Die Analyse der Drehmaschine führt zu der vereinfachten **Systemdarstellung** im Bild 32.3, die zur Erklärung alle wesentlichen Baugruppen enthält, wie Hauptantrieb, Spindelkasten, Reitstock, Bett, Bettschlitten, Werkstückspannmittel, Werkzeugsystem, Vorschubantriebe, Messsysteme und CNC-Steuerung. Alle diese Teilsysteme sind um den Arbeitsraum  $D \times L$  als Kernbereich jeder Werkzeugmaschine angeordnet.



**Bild 32.3** Systemdarstellung einer CNC-Drehmaschine (vereinfacht) [32.1]

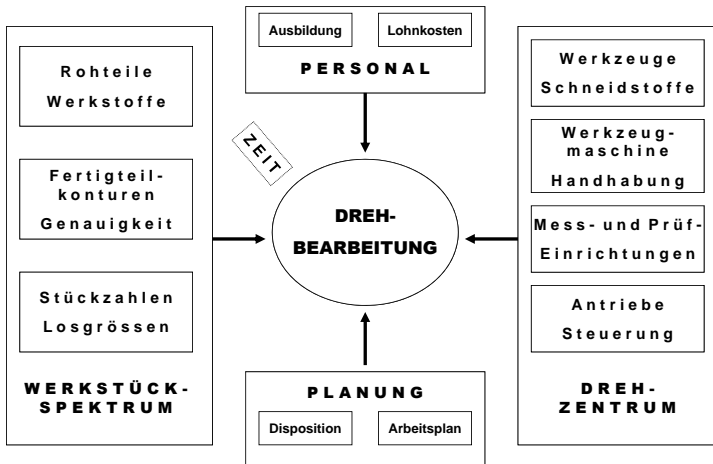
Die **Hauptbewegung** wird bei spanenden Werkzeugmaschinen Schnittbewegung genannt und ist bei einer Drehmaschine die Drehbewegung der Hauptspindel mit dem eingespannten Werkstück. Die Vorschub- und Zustellbewegungen erfolgen als Längsbewegung in der Achse Z und als Quer- oder Planbewegungen in der Achse X, um das am Bettschlitten eingespannte Werkzeug zu bewegen. Für jede Achse sind Positionsmesssysteme vorhanden.

Als **Arbeitsraum** wird der Bereich bezeichnet, in dem diese Bewegungen entsprechend der Auslegung der Vorschubachsen wirksam werden können. Bei Dreh- und Rundschleifmaschinen ist er zylindrisch, bei Maschinen zum Fräsen und Bohren meist quaderförmig.

Die schematische Darstellung der wichtigsten Baugruppen ist durch getrennte Haupt- und Vorschubantriebe gekennzeichnet, die heute bei Werkzeugmaschinen mit CNC-Steuerungen üblich sind.

## ■ 32.3 Konzept zur Drehbearbeitung

Die Bearbeitung von Werkstücken auf Drehmaschinen erfolgt mit Komponenten, die entsprechend dem Stand der Technik von den Herstellern der Werkzeugmaschinen entwickelt und angeboten werden. In der Fertigung sind für den Einsatz der Drehmaschinen Konzepte für einen wirtschaftlichen Einsatz zu entwickeln. Bild 32.4 zeigt ein **Konzept zur Drehbearbeitung** mit Komponenten nach *Koschnick*.



**Bild 32.4** Konzept zur Drehbearbeitung mit Komponenten (Koschnick [32.4])

# Sachwortverzeichnis

## Symbole

2,5D-Bearbeitung 284  
3-Achsen-Bearbeitung 586  
3-Achs-Transfer 326  
3D-Laseranlagen 395  
3D-Programmierung 286  
3D-Schneidkopf 399  
3-Walzen-Rundbiegemaschine 370  
4-Säulen-Pressen 340  
5-Achsen-Fräsen 579  
5-Achsen-NC-Programmierung 586  
5-Achsen-Simultanbearbeitung 585  
5-Achs-Simultanbearbeitung 426  
6-Achs-Roboter 451

## A

Abbesches Prinzip 91, 241  
Abdichtung 337  
Abgassystem 341  
Abkantpressen 365  
Ablaufdiagramme 46  
Ablauforganisation 38  
Ablaufplan 273  
Ablaufsteuerung 269  
Abrasivsand 401  
Abrasivzusatz 398  
Abrichtblock 635  
Abrichten 634  
- kontinuierliches 671  
Abrichtgerät 652  
Abrichtspindeln 652  
Abrichttechnik 666, 675  
Abrichtverfahren 664, 670  
Abrichtwerkzeuge  
- stehende 635  
Abschreibungen 63

Absenkeinrichtung 399  
Absolutwertgeber 244  
Abstrecken 332  
Abstreifer 197  
Abtastrate 237  
Abtastung 88  
- fotoelektrische 241  
- induktive 243  
- magnetische 243  
Abwasserleitung 401  
AC-Digitalantriebe 575  
Achsantriebe  
- elektrische 443  
Al-Legierungen 342  
Aluminiumfolie 355  
Anbohrführung 498  
Andrehsupporte 518  
Andrückkraft 362  
Anfasen 397  
Anforderungen an Werkzeugmaschinen 406  
Anforderungen der Märkte 416  
Anhaltswerte 465  
Anhaltswerte Tiefbohren 521  
Anmutung 142  
Anpasssteuerung 270  
Antriebsbauart 312  
Anweisungsliste 272  
Anwesenheitszeit 61  
Anziehungskraft 224  
Arbeitsbewegung 293  
Arbeitsergebnis 157, 165  
Arbeitsgenauigkeit 158  
Arbeitshub 303, 304  
Arbeitskosten 60  
Arbeitsraum einer Drehmaschine 418  
Arbeitsspindel 441  
Arbeitsvermögen 297, 299

Arbeitswalzen 354  
 arithmetisches Mittel 95  
 Asynchrone Steuerung 269  
 Asynchronmotor 214  
 Aufbauorganisation 38  
 Aufbohren 513  
 Auffahrsicherung 584  
 Auffederung 299, 309  
 Aufnehmer 80, 343  
 Aufsteckfräserdorn 257  
 Ausbringung 323  
 Ausführungen 417  
 Ausgangsgrößen 642  
 Ausgespanntheit 141  
 Ausgewogenheit 140  
 Auskammern 510  
 Auslegung  
 - überkritische 168  
 - unterkritische 168  
 Ausschlagmethode 83  
 Ausschneiden 377  
 Ausschuss 59  
 Außenläufermaschine 328  
 Außenräumen 592  
 Außenräumwerkzeuge 593  
 Außenrund-Formschleifen 647  
 Außenrundscheifen  
 - spitzenloses 648  
 Außenrund-Umfangs-Längsschleifen  
 646  
 Außenrund-Umfangs-Querschleifen  
 647  
 Außenrund-Umfangs-Schälsschleifen  
 646  
 Außenrund-Umfangs-Schrägschleifen  
 647  
 Außenstößel 333  
 Auswuchtgüte 252  
 Automatisierung 32, 407  
 Automatisierungseinrichtungen 504  
 Automatisierungsgrad 321, 367, 614  
 Autorendesign 137  
 Axialfehler 248  
 Axialvorschub-Querwalzen 360  
 Axialwalzen 358

## B

Backenfutter 258  
 Bahngenaugigkeit 231  
 Bajonett-Schnellverschluss 253  
 Bandabwicklung 381  
 Bandsägemaschinen 609, 610, 614  
 Bandsägen 609  
 Bandsäge-Werkzeuge 609  
 Bandvorschub 381  
 Bär 293  
 Bärführung 300  
 Bauformen 417, 418, 457  
 Bauformen der Fräsmaschinen  
 528  
 Bauhaus 134  
 Beanspruchung 161  
 - dynamische 360  
 Bearbeitungszentren 31, 364, 531,  
 554, 581  
 Bearbeitungszentren in Gantry-  
 bauweise 475  
 Bedienoberflächen 692  
 Bedienpulte 518  
 Bedientafel 461  
 Belastungs-Beanspruchungs-Konzept  
 146  
 Belastungsgrößen 413  
 Belegungsgrad 54  
 Belegungszeit 54  
 Bemessungsdrehmoment 213  
 Bemessungsdrehzahl 213  
 Bemessungsleistung 213  
 Berechnungen 413  
 Berechnungen beim Fräsen 526  
 Beschleunigungsmoment 232  
 Beschnitt 382  
 Betriebsarten 216  
 Betriebsmittelkosten 62  
 Bettbauweise 179  
 Bettfräsmaschinen 544  
 Bewegungen der Sägemaschine  
 - mechanische 616  
 Bezugstemperatur 122  
 Biegefingerring 371

Biegehilfe 366  
Biegekopf 372  
Biegemaschinen 364  
Biegen 364  
- zentrales 368  
Biegeoperationen 364  
Biegeradius 366  
Biegestation 368  
Biegestempel 364  
Biegezwinge 364  
Biegewinkel 366  
Biegezelle 367  
Biegezentrum 367  
Bindung  
- galvanische 633  
Bindungen 632  
- keramische 633  
- metallische 632  
Blechbauteile 384  
Blechhalter 314  
Blechplatine 336  
Blechringe 382  
Blechstreifen 381  
Blechumformung 290  
Block 343  
Blockbandsäge-Maschinen 625  
Bodediagramm 167  
Bodenreißer 333  
Bohrbuchsenträger 498  
Bohren 472  
Bohrölzuführapparat (BOZA) 493  
Bohrrohr-Führungslager 518  
Bohrrohr-Klemmlager 518  
Bohrstangen-Klemmlager 460  
Bohr- und Fräsmaschinen 530  
Bohrverfahren 524  
Bombiereinrichtung 366  
Box-in-Box-System 482  
Braun 134  
Break-Even-Diagramm 60  
Break-Even-Punkt 60  
Bremsenergie 300  
Bremsgerüst 382  
Brennschneiden 394  
Bruttoentgelt 61

BTA (Boring and Trepaning  
Association)-Bohren 489  
BTA-Verfahren 513  
BTA-Werkzeugen 493  
Bügelsäge-Verfahren 607

**C**

CAD-Daten 401  
Camlock-Schnellverschluss 253  
CAM-System 282  
Capto-Schnittstelle 251  
CBN 694  
CBN-Schleifscheiben 644  
- galvanisch einschichtig belegte  
644  
C-Gestell 309  
Closed Loop 238  
CNC 276  
CNC-Bahnsteuerungen 487  
CNC-Bohr-/Fräsmaschinen 581  
CNC-Drückzentrum 351  
CNC-Maschine 155  
CNC-Stanzmaschinen 378  
CNC-Steuerungen 519, 617, 584  
CNC-Teileprogramm 453  
Coil 321  
Compact Crossbar 319  
Cray-Code 114  
Crossbar-Feeder 320  
Crossbar-Roboter 320  
Crossbar-Transfersystem 318  
Crushieren 637

**D**

Dämpfung 193, 195  
Dämpfungseigenschaften 574  
Dämpfungsmaß 168, 173, 230  
Dämpfungsmaßnahmen 169  
Definition für Werkzeugmaschinen  
155  
Dehnmessstreifen 118  
Deutscher Kalibrierdienst 131  
Diamant 694

Diamant-Profilrolle 670  
 Differenzmethode 90  
 Direktantrieb 304, 331  
 Distanzhülsen 381  
 DMS-Halbbrücke 119  
 DMS-Vollbrücke 119  
 Doppel-Dreispieler 438  
 Doppelkammeranordnung 224  
 Doppelkniehebelpressen 314  
 Doppelteile 318  
 Doppel-Vierspieler 438  
 Dorn 343  
 Dornhonen 711  
 Draht-DMS 118  
 Drehbearbeitungszentren 467  
 Dreh-Fräs-Zentren 31  
 Drehmaschinen 406, 413, 416, 417  
 - programmgesteuerte 420  
 Drehmoment 120  
 Drehrichtungsumkehr 324  
 Drehstromservoantrieb 461  
 Drehstromservomotoren 518  
 Drehtische 572  
 Drehverfahren 412  
 Drehzahl  
 - biegekritische 202, 226  
 Drehzahlkennwert 207, 226  
 Drehzahlmessung 121  
 Dreirollen-Biegemaschine 371  
 Druck 120  
 - hydrostatischer 335  
 Druckaufbau 341  
 Druckberührzeiten 301  
 Druckeigenspannungen 362  
 Drücken 346  
 Druckraum 335  
 Drückrolle 346  
 Druckspeicherantrieb 331, 387  
 Druckstange 310  
 Druckstößel 328  
 Druckübersetzer 340  
 Druckübersetzung 400  
 Drückwalzmaschinen 353, 356  
 Druckwärmberührzeit 326  
 Drückwerkzeug 351

Dual-Code 114  
 Duogerüst 354  
 Durchflussrichtung 332  
 Durchlaufverfahren 328, 360  
 Durchziehen 346  
 Dynamik 223

## E

Edelstahl 394  
 Effektivität 39  
 Effizienz 39  
 E-Gestell 309  
 Eigenfrequenz 168, 171, 202, 223,  
 230, 234  
 Eigenkreisfrequenz 168  
 Eigenschaften des Menschen 146  
 Eigenspannungen 182  
 Einbauraum 340  
 Eingaben 40  
 Eingriffsgrenze 125  
 Einheitensystem  
 - internationales 81  
 Einlippenbohren 489  
 Einlippenbohrer 491  
 Einmassenschwinger 166  
 Einstechverfahren 328, 359  
 Einstellgrößen 413  
 Einstellzeit 92  
 Einstiegs-Universalmaschinen 534  
 Einzelmaschinen 31, 317  
 Einzugskraft 248  
 Einzweckmaschinen 31  
 Ejektorbohren 489, 495  
 EJEKTOR-Verfahren 513  
 Elastomermembran 336  
 EMO 417  
 Emulsionen 638  
 Energiekosten 65  
 Energieverbrauch 59  
 Engpass Maschine 52  
 Engpass Mensch 52  
 Entgeltgruppen 61  
 Entgeltnebenkosten 61  
 Ergebnisse 41

Ergonomie 141, 144  
 Erregerfrequenz 165  
 Erwartungswert 95  
 Exzenterpressen 310  
 Exzenterwelle 321

**F**

Fähigkeit eines Prozesses  
 - potentielle 129  
 - tatsächliche 129  
 Fahrständerbauweise 683  
 Fahrständermaschinen 548  
 Fanuc 576  
 Faserverbundwerkstoffe 402  
 Feature 284  
 Feeder 320  
 Feederautomation 320  
 Fehler  
 - kleinste 95  
 - systematische 83  
 Feiertage  
 - gesetzliche 54  
 Feinschneiden 326, 386  
 Feinschneidpressen 378  
 Feinstdrähte 348  
 Feldstellbereich 213  
 Fertigungsbearbeitung 573  
 Fertigung 28  
 - endkonturnahe 318  
 Fertigungsaufgaben 407, 416, 417,  
 710, 720  
 Fertigungsgenauigkeit 158  
 fertigungsgerecht 142  
 Fertigungskapazität 52  
 Fertigungsmesstechnik 76  
 Fertigungsprozess 28, 34  
 Fertigungstechnik 28  
 Fertigungsverfahren 28  
 Fertigtziehen 349  
 Festigkeit 160  
 Festkörperlaser 392  
 Festkörperreibung 189  
 Fest-Los-Lagerung 203  
 Festwalzen 361  
 Festwalzmaschinen 362  
 Fettschmierung 207  
 Finishtopfscheibe 719  
 Finiten Elemente 164  
 Flachbackenwerkzeug 360  
 Flachbettbauweise 180  
 Flachbettdrehmaschinen 457  
 Flachbettlaseranlage 394  
 Flachdraht 349  
 Flächenspannfutter 256  
 Flächenträgheitsmoment 162, 180  
 Flächenverbund 586  
 Flachprodukte 354  
 Flachscheifen 655, 662  
 Flachwalzanlagen 354  
 Flexform-Verfahren 336  
 Flexibilität 157  
 Fliegende Schere 381  
 Fließgutfertigung 353  
 Flugzeugindustrie 571  
 Flüssigkeitsreibung 189  
 Folgeoperationen 319  
 Folgepressen 319  
 Folgeschnitt 385  
 Folgeverbundwerkzeuge 326, 385  
 Folgewerkzeuge 385  
 Formatbreite 382  
 Formate 379  
 Formbohren 510  
 Formgenauigkeit 403  
 Formkategorien 138  
 Formrolle 635, 664, 666, 670  
 Formschluss 249  
 Form-Schrägeinstechschleifen 647  
 Formteile 384  
 Fräs-Dreh-Maschinen 552  
 Fräsen 523  
 Fräsmaschinen 523  
 Fräsverfahren 523  
 Fräswerkzeugtypen 525  
 Freiformschmieden 301  
 Frequenzumrichter 215  
 - feldorientierter 216  
 Fressverschleiß 190  
 Friktionsspindelpresse 305



- Frontdrehmaschine 439  
 Fugendämpfung 182  
 Führung  
 - aerostatische 194  
 - hydrostatische 194, 574  
 Führungen 651, 658  
 Führungsbahnabdeckung 197  
 Führungsflächen 576  
 Führungsrohre 449  
 Führungsschlitten 501  
 Führungssystem  
 - innenliegendes 477  
 Fundamentalvoraussetzungen 78  
 Funktion 137  
 Funktionsplan 272
- G**
- Gantry 537  
 Gantry-Antrieb 224, 229  
 Gantry-Bauweise 476, 569, 583  
 - modifizierte 581  
 Gaußsche Normalverteilung 96  
 G-code 278  
 Gebrauch 134  
 Gegenfließpressen 315  
 Gegenhalter 388  
 Gegenhalterkolben 387  
 Gegenlaufabrichten 637  
 Genschlaghämmer 297, 298  
 Gegenstempel 386  
 Gegenzug 334  
 Gehrungssägen 615  
 Gelenkantrieb 314  
 - mehrgliedrig 316  
 Gelenkstabkinematik 181  
 Genauigkeit 130, 240  
 - des gefertigten Werkstücks 159  
 - dynamische 159  
 - geometrische 158  
 - stationäre 158  
 - thermische 159  
 - von Werkzeugmaschinen 407  
 Generalüberholung 71  
 Geradeausziehmaschinen 347  
 Geradföhrung 187  
 Gesamtanlageneffektivität 156  
 Gesamtschneidkraft 386  
 Gesamtschnitt 385  
 Gesamtsteifigkeit 480  
 Geschwindigkeitsverhältnis 637  
 Gesenkbiegen 364  
 Gesenkbiegepressen 364  
 Gesenkschmieden 297, 301, 307  
 Gestalt 135, 137  
 Gestaltelemente 137  
 Gestalten  
 - werkzeugmaschinengerecht 32  
 Gestalter 134  
 Gestaltstruktur 137  
 Gestaltung  
 - material- und fertigungsgerechte 142  
 Gestellbauformen 179, 309, 528  
 Gestellbauteile 481, 574  
 Gestellwerkstoff 182  
 Getriebe  
 - elektronische 435  
 Getriebeteil 357  
 Getriebeübersetzung ins Langsame 234  
 Gewichtskraft 233  
 Gewichtsreduzierung 336  
 Gewindeschneidfutter 257  
 Gewindespindel 303  
 Gewindestange 360  
 Gewindesteigung 360  
 Gewindewalzen 360  
 Gewindewalzmaschinen 360  
 Glanzgrad 399  
 Glattschnittanteil 379  
 Glattwalzen 361  
 Glattwalzmaschinen 361  
 Gleichlaufabrichten 637  
 Gleichstrommotor 212  
 Gleitbelag  
 - abformbarer 190  
 Gleitziehen 346  
 GRAFCET 274  
 Granit 183

Graycode 240  
 Greiferschienensystem 318  
 Greifersystem 321  
 Greiferzangen 321  
 Grobblech 397  
 Großbandsäge-Maschinen 624  
 Größen  
 - dynamische 118  
 - kinematische 118  
 Großraumpressen 319  
 Großteile 467  
 Großteil-Transferpressen 318  
 Grundentgelt 61

**H**

Haftreibung 189, 231  
 Halbleiter-DMS 118  
 Halbleiter-Widerstandsthermometer  
 123  
 Hämmer 297  
 Handbediente Drehmaschinen 420  
 Handhonmaschine 704  
 Handling 319  
 Handlingszellen 451  
 Handspannmittel 258  
 Hartbearbeitung 579  
 Hauptbewegung 410  
 Heidenhain 576  
 Herstellung 134  
 High Speed Cutting 579  
 Hilfsmassedämpfer 184  
 Hilfsstoffe 59  
 Hinterachskomponenten 342  
 Hinteranschlag 365  
 Hinterbearbeitungsschlitten 447  
 Hinterschnitt 336  
 Hochdruckaggregat 400  
 Hochdruckspeicher 331  
 Hochdruckwasserstrahl 398  
 Hochgenauigkeitslager 208  
 Hochgeschwindigkeitsbearbeitung  
 579, 584  
 Hochlaufzeit 217, 234  
 Hochleistungssägen 620

Hochleistungszerspannung 257  
 Hochschule für Gestaltung 134  
 höherfeste Bleche 373  
 Hohlkörper 346  
 Hohlschaftkegel 249  
 Honen 701  
 Honwerkzeug 708  
 Horizontal-Bandsägemaschinen 610  
 Horizontalbauweise 343  
 Horizontalbearbeitungszentren 554  
 Horizontale Honmaschinen 704  
 Horizontalpressen 315  
 Horizontalzylinder 340  
 HSC 580  
 HSC-Maschine 580  
 HSC-Nachrüstsätzen 580  
 HSC-Spektrum 580  
 Hub 311  
 Hubantrieb 707  
 Hublänge 311  
 Hubzahl 299  
 Hybridbearbeitung 476  
 Hybridlager 208  
 Hydraulikkolben 332  
 Hydrodehnspannfutter 257  
 Hydroforming 335  
 Hydromec-Verfahren 335  
 Hydrostatikbuchse 443  
 Hydrostatikführungen 443  
 Hypoidgetriebe 225

**I**

IHU-Pressen 342  
 IHU-Teile 342  
 Industriedesign 134  
 Informationsverlust 88  
 Inkrementalgeber 244  
 Innenbearbeitung 362, 469  
 Innen-Hochdruck-Umformen 339  
 Innenläufermaschine 328  
 Innenräumen 591  
 Innenräumwerkzeuge 593  
 Innenrundscheifen  
 - spitzenloses 649

Innenrund-Umfangs-Längsschleifen 648  
 Innenrund-Umfangs-Querschleifen 648  
 Innenstößel 333  
 In-Process-Dressing 675  
 In-Process-Messwertaufnahme 709  
 Instandhaltung 59  
 Instandhaltungskosten 65  
 Integral-Grundkörper 481  
 Integralschaum 403  
 Integrationsfähigkeit 157  
 Integration von Bearbeitungsverfahren 425  
 Interferometer 112  
 Interpolation 239, 277  
 Interpolationsfehler 240  
 Investitionsgüter 420  
 Isothermschmieden 339

## K

Kalibrierketten 131  
 Kalibriervorgang 341  
 Kaltband 354  
 Kaltfließpressen 315  
 Kaltumformung 290  
 Kanalstruktur 453  
 Kapazität 53, 55  
 Kapazitätserweiterung 68  
 Kapillardrossel 192  
 Karosseriebauteile 326  
 Karusseldreharbeiten 573  
 Kavitäten 586  
 Kegelpaarung 248  
 Kernbohren 513  
 Kernprozesse 42  
 Kippsteifigkeit 283  
 Klassifizierung der Werkzeugmaschinen 155  
 Kleinserienfertigung 336  
 Klemmen  
 - mechanische 186  
 - thermische 188  
 KM-Schnittstelle 251  
 Knetwelle 328  
 Kniegelenk 313  
 Kniehebel 313  
 Kniehebelsystem 313  
 Kollisionskontrolle 586  
 Kompensationsmethode 83  
 Komperatorprinzip 91  
 Komplettbearbeitung 390, 417, 418, 425, 426, 437, 569  
 Komplettbearbeitungsmaschinen 31  
 Kompositionsprinzipien 140  
 Konsolbauweise 179  
 Konsoltisch 535  
 Konstruktion  
 - steifigkeitsgerechte 162  
 Kontaktlänge 640  
 Kontaktplan 272  
 Kontaktsteifigkeit 162  
 Konturgenauigkeiten  
 - volumetrische 576  
 Konzept zur Drehbearbeitung 411  
 Koordinatenbezeichnungen 528  
 Kopfpresse 319  
 Kopfstück 313  
 Kosten 38, 134  
 Kraftspannmittel 258  
 Kraftstoffleitungen 372  
 Krankheit 61  
 Kreisformtest 231  
 Kreisfrequenz 167  
 Kreismesser 381  
 Kreissägemaschinen 608, 613  
 Kreuztisch 560  
 Kreuztischmaschine 530  
 KSS-Anlagen 502  
 Kugelgewindeantriebe 575  
 Kugelgewindetrieb 226  
 Kugelrollspindel 443  
 Kühlmittelanlage 460  
 Kühlschmiermittel 716  
 Kühlschmierstoffe 709  
 Kunstharzbindungen 632  
 Kupplungs-/Bremskombination 322  
 Kupplungsspindelpresse 305

Kurbelpressen 294, 311  
 Kurbelwinkel 308  
 Kurvenscheren 382  
 Kurvensteuerung 318  
 Kurzhubgesenkhämmer 294  
 Kurzhubhonen 702, 712  
 Kurzzeitfähigkeit 175  
 KV-Faktor 229, 237

**L**

Lage 222  
 Lagemessung  
 - direkte 236  
 - indirekte 231, 236  
 Lagerabstand  
 - optimaler 201  
 Lageregel feinheit 231  
 Lageregelgenauigkeit 223  
 Lageregelkreis 229  
 Lageregeltakt 231  
 Lageregler 229  
 Lagertechnik  
 - automatisierte 626  
 Lagerung  
 - angestellte 203  
 Lagervorspannung 205  
 Lamellenträger 356  
 Längenmesssysteme 106, 114  
 Längenmessung 100  
 Langgutlager 626  
 Langhubhonen 702  
 Längs-Außen-Profilschleifen 655  
 Längsnahtschweißen 372  
 Längsteilanlagen 382  
 Längs-Umfangs-Planschleifen 655  
 Längswalzanlagen 353  
 Längswellenantrieb 312  
 Laschen 390  
 Laser-Integration 552  
 Laserinterferometer 111  
 Laserschneidkopf 390  
 Laserstrahl 390  
 Lasertechnologien 392  
 Lastenheft 650

Lastmoment 232  
 Lebensdauer  
 - wirtschaftliche 69  
 Lebensmittelindustrie 399  
 Lebenszykluskosten 157  
 lehrsches Dämpfungsmaß 168  
 Leichtbau 342  
 Leichtbaumaßnahmen 169  
 Leistung 134  
 Leistungsentgelt 61  
 Leitkurve 586  
 Leitspindel 421  
 Life Cycle Cost 57  
 Linearantriebe 318  
 Linearfertigung 368  
 Linearität 130  
 Linearmotoren 223, 234, 400  
 Linear-Wälzführungen 574  
 Lochen 376  
 Lohnnebenkosten 61  
 Lookahead-Funktion 231  
 Los 54  
 Lösungen 638

**M**

Magnetspannvorrichtung 260  
 Managementprozesse 43  
 Manipulator 622  
 Manuelle Programmierung 281  
 Maschinenbett 461  
 Maschinengenauigkeit 576  
 Maschinengestell 651  
 Maschinenkinematiken 680  
 Maschinenkonzept 424, 425, 429  
 Maschinenkonzeption 30  
 Maschinenrahmen 389  
 Maschinenschraubstock 260  
 Massenausgleichselemente 384  
 Massenträgheit 230, 234  
 Massivumformteile 321  
 Massivumformung 290  
 Maßkalibrieren 353  
 Maßverkörperung 80  
 materialgerecht 142

- Materialkosten 60  
 Median 95  
 Mehrdraht-Ziehmaschinen 347  
 Mehrlohn 59  
 Mehrmaschinenbedienung 53  
 Mehrseitenbearbeitung 585  
 Mehrspindel-Drehautomat 432  
 Mehrstufenpresse  
   - hydraulische 337  
 Mehrstufenpressen 321  
 Membrandrossel 193, 209  
 Membranspannfutter 258  
 Mengenleistung 157  
 Mengensägen 619  
 Merker 274  
 Messabweichung 91  
   - 1. Ordnung 91  
   - 2. Ordnung 91  
   - kinematische 92  
   - systematische 93  
   - zufällige 93  
 Messanlage 80  
 Messeinrichtung 78  
 Messen 78  
 Messergebnis 78  
 Messersätze 383  
 Messerschneiden 376  
 Messglieder 80  
 Messgröße 78  
 Messmethode 82  
 Messobjekte 78, 100  
 Messort 78  
 Messprinzip 82  
   - abbildendes 241  
   - interferenzielles 242  
 Messsystem  
 Messsysteme  
   - induktive inkrementale 109  
   - inkrementale 107  
   - interferentielle inkrementale 116  
   - interferometrische inkrementale 111  
   - magnetische inkrementale 109  
   - photoelektrisches inkrementales 109  
 Messverfahren 86  
   - absolute 113, 240  
   - analoge 88  
   - digitale 89  
   - direkte 86  
   - diskontinuierliche 88  
   - indirekte 87  
   - inkrementales 239  
   - kontinuierliche 88  
 Messwert 78  
 Messwertauflösung 237, 238  
 Messwernerfassung 236  
 Messwertgenauigkeit 237  
 Metallbearbeitung 402  
 METAV 417  
 Methode der finiten Elemente 480  
 Methoden  
   - statistische 95  
 Mieten 64  
 Mischkopf 400  
 Mischreibung 189  
 Mittelwert 95  
 Mittenantrieb 583  
 Modalanalyse 170, 481  
 Modularität 439  
 Modularsystem 409  
 Modul-Bauweise 457  
 Moiré-Effekt 242  
 Motorspindel 219, 584  
 Multi-Blanking-Anlagen 382  
 Multi-Tool-System 468  
 Multitoolwerkzeug 389  
 Multiturn-Drehgeber 246

## N

- Nacharbeit 59  
 Nachführmethode 85  
 Nachgiebigkeit 161  
   - dynamische 166  
 Nachgiebigkeitsfrequenzgang 167  
 near-netshape 318  
 Neigungswinkel 380  
 Nennkraft 303  
 Nichteisenmetalle 396

Niederhaltekraft 334  
 Niederhalter 380  
 Niederhalterstößel 334  
 Niederzugfutter 258  
 Niveauindex 175  
 Normalmaschine 514  
 Normalverteilung  
 – standardisierte 98  
 Nullpunktspannsystem 253  
 Nutzungsdauer 70  
 Nyquistdiagramm 167

## O

O-Anordnung 163, 196, 203, 226  
 Oberbär 301  
 Oberdruckhämmer 297  
 Oberflächenqualität 335, 399  
 Oberflächenwalzverfahren 361  
 Obermesser 380  
 Oberwalze 370  
 O-Gestell 309  
 O-Gestellbauweise 300  
 Öl-Luft-Schmierung 207  
 Ordnungsmäßigkeit 39  
 Organisation 37  
 Ortskurve 167

## P

Palettenspeicher 559  
 Palettenwechselsystem 572  
 Parallelhaltung 331  
 PC-Bussystem 368  
 Pendelhub 324  
 Pendelschleifverfahren 662  
 Peripheriegeräte 478  
 Persönliche Verteilzeit 56  
 Pflichtenheft 650  
 Phasenwinkel 167  
 Piezoelement 184  
 Pinolenkasten 445  
 Plananlage 248, 258  
 Planetengetriebe 218, 225  
 Planscheiben 460

Plan-Seitenschleifmaschinen 691  
 Plasmaschneidanlagen 378, 397  
 Plasmaschneidkopf 397  
 Plasmastrahl 396  
 Plateauhonbearbeitung 710  
 Platine 366  
 Platinenschneidanlagen 384  
 Plattenmaschine 515  
 Pleuel 310  
 Polpaarzahl 215  
 Polygon 251  
 Portal 561, 569  
 Portalbauweise 179, 399, 569  
 Portalmaschinen 571  
 Positioniereinheiten 389  
 Positioniergenauigkeit 159, 660  
 Positionierung  
 – mehrdimensionale 116  
 Positionserfassung 105  
 Positionsmesssysteme 105  
 Postprozessor 285  
 Präzisions-Drehmaschinen  
 – konventionelle 421  
 Präzisionsführung 387  
 Präzisionsgetriebe 225  
 Präzisionsschmieden 306, 339  
 Präzisionsschnitt 402  
 Prellschlag 303  
 Prellschlagkraft 304  
 Presse  
 – mechanische 308  
 – hydraulische 294  
 Pressenkörper 293  
 Pressenlinien 319  
 Pressenrahmen 293  
 Pressentisch 308  
 Presskraft 308  
 Pressmaschinen 293  
 Produktionsdrehautomaten 424  
 Produktionsfaktoren 57  
 Produktionsplanungssysteme 572  
 Produktionstechnik 26  
 Profildraht 348  
 Profilherstellung 346  
 Profilieren 634

Profilschienen 373  
 Profilschienenführung 196  
 Profilstangen 349  
 Profilsteigung 360  
 Programmierung  
 - rechnergestützte 282  
 - werkstatororientierte 282  
 Prototypenfertigung 335  
 Prozeduren 39  
 Prozessdatenerfassung 503  
 Prozesse 39  
 Prozessfähigkeit 175  
 Prozessfähigkeitsindizes 129  
 Prozessfähigkeitsuntersuchungen 129  
 prozessgeführt 269  
 Prozessgrößen 639  
 Prozessketten 41, 43  
 Prozesslage 129  
 Prozessmanagement 43  
 Prozessorganisation 38  
 Prozesssteuerung  
 - statistische 124  
 Prüfanweisungen 132  
 Prüfmittelüberwachung 130  
 Pseudozufallsfolge 240  
 Pumpensystem 400

## Q

Qualität 38  
 Qualitätsdatenbasis 76  
 Qualitätsregelkarten 124  
 Quartogerüst 354  
 Querbalken 569  
 Querkeilwalzen 358  
 Querschiene 389  
 Querschnittsabnahme 347  
 Querteilanlagen 380  
 Querteilschere 380  
 Querwalzanlagen 353  
 Querwellenantrieb 312

## R

Radial-Axial-Umformung 357  
 Radial-Biegestempel 368  
 Radialfertigung 368  
 Radialschräggugellager 203  
 Radialwalzen 358  
 RAM 571  
 Randfestigkeit 361  
 Randzone 362  
 Randzonenbildung 643  
 Rastkraft 224  
 Raststufen 324  
 Ratio 69  
 Rationalisierung 69  
 Rattern 172  
 Räumen 590  
 Raumkosten 64  
 Räummaschinen 596  
 Räumwerkzeug 590  
 Reaktionsharzbeton 182  
 Reckwalzen 358  
 Referenzmarken 113  
 Reflexionsvermögen 402  
 Refraktometer 112  
 Regelung 265  
 Reiben 472  
 Reibkraft 233  
 Reibkraftcharakteristik 190  
 Reibschluss 249  
 Reibtrieb 304  
 Reibungszustand 189  
 Reinigen 634  
 Reinmetalle 402  
 Reitstock 462  
 Relativbewegung 366, 409  
 Reproduzierbarkeit 590  
 Resonanz 168  
 Reststück 450  
 Revolverstanzmaschine 389  
 Richtanlage 321  
 Richtmaschine 380  
 Richtungserkennung 238  
 Riemengetriebe 217  
 Ringwalzmaschinen 357

Ringzacke 386  
 Ringzackenkolben 387  
 Ritzel-Zahnstange-Getriebe 228  
 Rohrstrangpresse 343  
 Rohrverzweigungen 340  
 Rollformanlagen 373  
 Rollformen 372  
 Rollreibung 195  
 Rotationsscheren 381  
 Ruck 231  
 Rückfederung 366  
 Rückhub 304, 305  
 Rückseitenbearbeitung  
 - doppelte 447  
 Rückwirkung 83  
 Rundbiegemaschinen 370  
 Rundknetmaschinen 328  
 Rundlaufgenauigkeit 256  
 Rundmesser 382  
 Rund-Schwenktisch 534  
 Rundwalzen 359  
 Rundwerkzeuge 360  
 Rüstzeit 335

**S**

Sägeautomaten 619  
 Sägeeinheit 613  
 Sägemaschinen-Steuerungen 617  
 Sägen 607  
 Sägeverfahren 607, 611  
 - Bewertung 613  
 Sägevorschub 616  
 Sägevorschub-Technologie 617  
 Sägewerkzeuge 608  
 Sägezentren 621  
 Sampling 88  
 Säulenbauweise 179  
 Schabotthämmer 298  
 Schärfen 634  
 Scheren 378, 379  
 Scherschneiden 376  
 Scherstation 321  
 Schichten 54  
 Schichtzeit 54

Schiebeeinsätze 340  
 Schiebetische 384  
 Schlagzahl 299  
 Schlaufengrube 380  
 Schleifenergie 638  
 Schleifgeschwindigkeitsverhältnis  
 639  
 Schleifkraft 640  
 Schleifleistung 641  
 Schleifmittel  
 - hochharte 632  
 - konventionelle 631  
 Schleiföle 638  
 Schleifscheiben  
 - konventionelle 644  
 Schleifscheibendurchmesser  
 - äquivalente 640  
 Schleifscheibenverschleiß  
 - radialer 641  
 Schleifscheibenwechsel 678  
 Schleifspindelantrieb 659  
 Schleifspindeln 651  
 Schleifverhältnis 641  
 Schleppfehler 230  
 Schleppwalzapparat 348  
 Schlichten 286, 287  
 Schließkraft 340  
 Schlitten 358  
 Schmiedelinie 338  
 Schmierung 197  
 Schneckenantriebe  
 - hydrostatische 575  
 Schneckengetriebe 225  
 Schneiddüse 396  
 Schneiden 377  
 Schneidenergie 397  
 Schneidgas 392  
 Schneidgeschwindigkeit 401  
 Schneidprogramm 401  
 Schneidspalt 379  
 Schneidstoffe 709  
 Schneidstößel 386  
 Schneidwasser 401  
 Schnellfräsen 579  
 Schnellhub-Pendelschleifen 687



- Schnellläuferpressen 378  
 Schnitt  
   - gestützter 386  
 Schnittbewegung 702  
 Schnittflächen 386  
 Schnittfuge 392  
 Schnittgeschwindigkeit 211, 394, 639  
 Schnittkoordinaten 401  
 Schnittkraft 211  
 Schnittkraftberechnung 414  
 Schnittleistung 414  
 Schnittlinie 377  
 Schnittschlag 379  
 Schnittstelle  
   - digitale 244  
 Schrägbettbauweise 180  
 Schrägwalzmaschinen 353  
 Schraubeinheiten 369  
 Schrumpffutter 257  
 Schruppen 286  
 Schubladeneffekt 186  
 Schulterführungskonzept 684  
 Schwalbenschwanz 448  
 Schwenkbiegemaschinen 366  
 Schwenkbiegen 364  
 Schwenkbrücke 538  
 Schwenk-Dreh-Kombination 484  
 Schwenkfutter 470  
 Schwenksynchronspindel 445  
 Schwertzapfen 253  
 Schwingfestigkeit 362  
 Schwingschnitt 380  
 Schwingungen 165, 218, 231  
   - erzwungene 165, 205  
   - freie, gedämpfte 171  
 Schwingungstilgung 184  
 Schwungrad 303, 308  
 Schwungradspeicher 325  
 Schwungrad-Spindelpressen 303  
 Segmentwerkzeuge 360  
 Selbsterregte Schwingungen 172  
 Selbsthemmung 248  
 Semi-Closed Loop 238  
 Sendzimir-Gerüst 354  
 Senken 472  
 Senkrecht-Außenräummaschinen 598  
 Senkrecht-Fräsmaschinen 528  
 Senkrecht-Innenräummaschinen 597  
 Sensoren 100  
 Servoantrieb 326, 388  
 Servomotor 221  
 Servopressen 315, 322  
 Setzstock 460, 469, 651  
 Sextogerüst 354  
 Sicherheit  
   - statistische 99  
 Sicken 390  
 Sieben Verschwendungsarten 51  
 Siemens 576  
 Single Tube System 514  
 Singleturn-Drehgeber 246  
 Sonderfräsmaschinen 530  
 Sortieren durch Roboter 624  
 Spaltanlagen 382  
 Späneentsorgung 460  
 Spanen 607  
 Spanndorn 259  
 Spannkopf 259  
 Spannmarken 255  
 Spannstock 260  
 Spannsystem 250  
 Spannungsspitzen 331  
 Spannungsbereich 213  
 Spannanzengfütter 256, 259  
 Spannzylinder 442  
 Span-zu-Span-Zeit 212  
 Sperrluft 208  
 Spezifisches-Gantry-Konzept 479, 483  
 Spielfreiheit 186  
 Spindeleinheiten 573  
 Spindeleinheitenwechsler 572  
 Spindelkasten 439, 462  
 Spindellage 432  
 Spindellager 208  
 Spindelmotoren 442  
 Spindeln  
   - vagabundierende 453

Spindelschlagpresse 305  
 Spindelsteigung 226, 234  
 Spindeltrieb 303  
 Spindeltrommel 441  
 Spitzendrehmaschinen 409, 457  
 Spritzschichten  
   - thermische 711  
 Squeeze-Film-Effekt 170, 190  
 Stabilität 130  
 Stahl-Crushierrolle 670  
 Stahlkugeln 337  
 Standardabweichung 96  
 Ständerbauweise 179  
 Ständerfräsmaschinen 529  
 Stangenführung 449  
 Stangenlademagazin 450  
 Stanzabfall 388  
 Stanzautomaten 315  
 Stanz-Biegeteile 385  
 Stanzen 377  
 Stanz-Laser-Kombinationen 384  
 Stanz-Lasermaschinen 378  
 Stanz-Nibbelmaschinen 390  
 Stanzwerkzeug 378  
 Stapeljochsysteme 626  
 Steifigkeit 160, 192, 195, 227  
   - dynamische 165, 190  
   - statische 161  
 Steilkegel 251  
 Stellgrößen 638  
 Steuern 263  
 Steuerung 262  
   - analoge 268  
   - binäre 269  
   - digitale 268  
   - elektrische 268  
   - mechanische 266  
   - speicherprogrammierbare 268, 270  
   - verbindungsprogrammierte 268  
 Steuerungstechnik 691  
 Stichprobenprüfung 124  
 Stick-Slip-Effekt 190  
 Stoffe  
   - formlos feste 337

Störungen 73  
 Stößel 293  
 Stößelbeschleunigung 323  
 Stößelgeschwindigkeit 310, 313  
 Stößelkraft 294, 313  
 Stößelverriegelung 331, 341  
 Stößelweg-Zeit-Charakteristik 314  
 Strahlauslauf 399  
 Strahldivergenz 397  
 Strahlleistung 401  
 Strangpressen 332, 343  
 Streckziehen 332  
 Streifenscheren 381  
 Streuungsindex 175  
 Stribeck-Kennlinie 189  
 Strömungsgeschwindigkeit 398  
 Struktur 137  
 Strukturbauteile 340  
 STS (Single Tube System) 489  
 Stückgut 353  
 Stückzeit 454  
 Stufenpressen 317  
 Stützwalzen 354  
 Superfinishbänder 718  
 Superfinishen 712  
 Superfinishmaschinen 715  
 Superfinishsteine 717  
 Support 569  
 Supportkonzept 682  
 Synchronsteuerung 269  
 Synchronmotor 213, 222, 442  
 Synchronspindel 445  
 Systemdarstellung 409  
 Systeme  
   - technische 27  
 Systemgrößen 638

**T**

Tafelscheren 379  
 Taktzeit 326  
 Tänzerrollen 347  
 Tapping Center 567  
 Tätigkeitszeit 53  
 Technischer Fortschritt 72

Technologiedaten für die Bohrbearbeitung 521  
 Teiletransfer 324  
 Teilung  
 - periodische 238  
 Temperaturdehnung 174  
 Temperaturleitfähigkeit 174  
 Temperaturmessung 122  
 Temperaturskala  
 - internationale 123  
 Thermospannung 124  
 Tiefbohren 489  
 Tiefbohrmaschinen 496, 513  
 Tiefbohrrolle 501  
 Tiefbohrverfahren 489, 513  
 Tiefschleifen 663  
 Tiefziehen 314  
 - hydromechanisches 335  
 Tiefziehverfahren  
 - wirkmedienbasierte 335  
 Titanlegierung 402  
 Torque-Antriebe  
 - integrierte 477  
 Torque-Motor 223, 235, 322, 538  
 Torsionssteifigkeit 161, 373  
 Traganteil 362  
 Trägersägen 618  
 Tragkraft 192  
 Transferanlagen 329  
 Transfereinrichtungen 317  
 Transferpressen  
 - mechanische 315  
 Transferstraße 558  
 Transfersysteme 319  
 Transferwerkzeuge 387  
 Treibscheiben 304  
 Trends  
 - technologische 34  
 Trennfestigkeit 386  
 Triogerüst 354  
 Trockenlauf 401  
 Trommelschaltung 453  
 Tryoutpressen 325  
 Twin-Anordnung 397

## U

Überdeckungsgrad 637  
 Überlastfähigkeit 222  
 Überrollfrequenz 206, 219  
 Übersetzung ins Langsame 217, 225  
 Übersetzung ins Schnelle 218  
 Überwachungssysteme 617  
 U/F-Betrieb 215  
 Umfangslinien 382  
 Umformarbeit 308  
 Umformautomaten 293, 384  
 Umformmaschinen 290  
 Umformstufen 317  
 Umformtechnik 290  
 Umkehrpunkt 386  
 Umkehrspiel 223, 225, 228, 231  
 Umwelt 134  
 Universal-Dreh-/Fräsmaschine 426  
 Universal-Drehmaschine 422  
 Universalfräsmaschinen 530, 533  
 Universalmaschine 515  
 Universalsägen 618  
 Universal-Spindleinheiten 573  
 Unsicherheitsfortpflanzung 94  
 Unterbär 301  
 Untermaßzapfen 253  
 Unterschlitten 571  
 Unterstützungsprozesse 42  
 Unterwalzen 370  
 Unwucht 384  
 Urlaub 61  
 Urwert 125  
 UTC-Zeitskala 121  
 u-Verteilung 98

## V

V-Abtastung 114  
 Vakuumsaugerspinnen 318  
 Vakuumspannvorrichtung 260  
 Varianz 96  
 VDI-Schnittstelle 252  
 VDW 416  
 Verbundwerkstoffe 399

Verfahrens kinematiken 712  
 Verfahrensvergleich 73  
 Verfahrensgeschwindigkeiten 574  
 Vergleichselement 80  
 Vergleichspräzision 130  
 Vergleichsverfahren 90  
 Verkettung 317  
 Verknüpfungssteuerung 269  
 Verriegeln 249  
 Verrippung 162  
 Verschleiß 189  
 Verschwendung 50  
 Verteilungsfunktion der Normalverteilung 97  
 Verteilzeit  
 – sachliche 56  
 Vertikaldrehmaschine 427  
 Vertikaldrehzentrum 429  
 Vertikale Honmaschinen 705  
 Vertrauensbereich 99  
 Vertrauensfaktor 99  
 Vertrauensniveau 99  
 Verzahnungen 573  
 Verzug 403  
 Vierbahnenbett 467  
 Vierpunktkontakt 196  
 Vincent-Bauart 304  
 Vincent-Pressen 304  
 Virtuelle Maschine 454  
 Vollbohren 513  
 Volumenstrom 332  
 Vorbeschleunigung 331  
 Vorfertigung 607  
 Vorformpresse 342  
 Vorgabezeit 55  
 Vorrichtungsbaukasten 260  
 Vorschlichten 286  
 Vorschubantriebe der Bettschlitten 518  
 Vorschubgeschwindigkeit  
 – tangentiale 639  
 Vorschubgeschwindigkeiten 574  
 Vorschubkraft 233, 353  
 Vorschubleistung 415  
 Vorschubzange 450

Vorststeuerung 231  
 Vorwärmung 339  
 Vorziehen 349

**W**

Waagerecht-Außenräummaschinen 598  
 Waagerecht-Fräsmaschinen 528  
 Waben-Regalanlagen 626  
 Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion 97  
 Walzanlagen 353  
 Walzdorn 356  
 Walzen 353  
 Walzenlager 370  
 Walzenvorschub 368  
 Walzgerüst 354  
 Wälzkörperrückführung 195  
 Walzmaschinen 353  
 Walzprofilieranlagen 372  
 Walzprofilieren 364  
 Walzrichtung 380  
 Walzspalt 354  
 Walzverfahren 353  
 Walzziehen 346  
 Walzziehmaschinen 348  
 Warmband 354  
 Wärmeeintrag 399  
 Wärmequellen  
 – externe 173  
 – innere 173  
 Wärmeverluste 223  
 Wärmeverlustleistung 215  
 Warmmassivumformung 306  
 Warmumformautomaten 322  
 Warmumformung 290  
 Warmziehen 346  
 Warngrenze 125  
 Wartezeit 53, 55  
 Wasseraufbereitung 400  
 Wasserbecken 399  
 Wasserstrahlschneidanlagen 378, 398  
 Wechselgesenk 364  
 Wechselpalette 254

Wegaufnehmer 118  
 Wegmesssysteme 105  
 - inkrementale 652  
 Wegsteuerung 276  
 Weg-Zeit-Verlauf 314  
 Werkstattmessgeräte 100  
 Werkstoffschieber 450  
 Werkstoffspektrum 399  
 Werkstoffstangen 433  
 Werkstückabführung 451  
 Werkstückdrehzahl 639  
 Werkstückgeschwindigkeit 639  
 Werkstückspektrum 30  
 Werkstückspindelkasten 518  
 Werkstückspindelstock 651  
 Werkstückträger 528  
 Werkstücktransfer 311  
 Werkstückzuführung 451  
 Werkzeuge-Einheiten  
 - angetriebene 448  
 Werkzeugfolgeplan 454  
 Werkzeug-/Formenbau 571  
 Werkzeughalter 448  
 Werkzeugkosten 65  
 Werkzeugmagazin 485  
 Werkzeugpaket Tiefbohren 516  
 Werkzeugschlitten 443  
 Werkzeugspeicher 389  
 Werkzeugspindelkasten 518  
 Werkzeugstähle 399  
 Werkzeugsysteme 460  
 Werkzeugsystem-Paletten 468  
 Werkzeugträger 528  
 Werkzeugverschleiß 59  
 Werkzeugwechseinrichtungen 505  
 Wertschöpfung 49  
 Wertschöpfungsprozesse 42  
 Widerstandsthermometer 123  
 Wiederbeschaffungswert 71  
 Wiederholgenauigkeit 159, 249,  
 255, 659  
 Wiederholpräzision 130  
 Wiederverkaufswert 71  
 Winkelgenauigkeit 383  
 Winkelmesssysteme 115

Winkelscheren 383  
 Wirbelstromverluste 215  
 Wirkgrößen 639  
 Wirkmedium 335  
 Wirkungsgrad 225, 226  
 Wirtschaftlichkeit 39  
 Wuchtgüte 202  
 Wuchtsystem 551

## Z

Zählmethode 85  
 Zahnradantrieb 304  
 Zahnriemengetriebe 226  
 Zeichen 135  
 Zeichenfunktion 141  
 Zeit 38  
 - pro Einheit 53  
 - tatsächlich gebrauchte 55  
 zeitgeführt 269  
 Zeitmessung  
 - digitale 121  
 Zeitquantisierung 88  
 Zeitspannungsvolumen 703  
 Zeitspanvolumen 639  
 - bezogenes 639  
 Zelle 155  
 Zentralwert 95  
 Zentrierdorn 358  
 Zentrieren 248  
 Zentriervorrichtung 382  
 Zentrischspanner 260  
 Zentrum 155  
 Zerspanleistung 590  
 Zerspanvolumen 640  
 Zerteilen 376, 379  
 Zerteilverfahren 376  
 Ziehbank 349  
 Ziehdüse 347  
 Zieheinrichtung 334  
 Ziehkissen 333  
 Ziehmaschinen 346  
 Ziehmatrize 335  
 Ziehrichtung 346  
 Ziehscheiben 346

- Ziehschlitten 349
- Ziehstempel 334
- Ziehstößel 314
- Ziehstufen 347
- Ziehteilgeometrien 337
- Ziehtrommeln 347
- Ziehverfahren
  - wirkmedienunterstützte 337
- Ziehverhältnis 335
- Zinsen 64
- Zuführeinrichtung 398
- Zugänglichkeit 547
- Zuganker 304
- Zugankerbauweise 298
- Zugspindel 421
- Zuhaltekraft 341
- Zusammenarbeit
  - interdisziplinäre 420
- Zusatzmassen 169
- Zustellung 707
- Zwangsparallelführung 387
- Zweipunkt-Exzenterpresse 369
- Zweipunktkontakt 196
- Zylinderlaufbahnen 710