

Inhaltsverzeichnis

Werkzeugmaschinen in der Fertigung	25
1 Einführung	26
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
2 Prozessorientierung	37
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 Verschwendungen in Prozessen	50
Quellen und weiterführende Literatur	51
3 Technische Kapazität	52
3.1 Kapazität von Betriebsmitteln	54
3.2 Kapazität von Menschen	55
Quellen und weiterführende Literatur	56
4 Kostengrundlagen der Werkzeugmaschinen ...	57
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 angewandter 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 Prüfmitteleigenschaften	130
5.5.2	Kalibrierkette (Rückführung)	131
5.5.3	Gerätespezifische Überwachung	132
5.5.4	Prüfaufgabenbezogene Überwachung	132
Quellen und weiterführende Literatur		133
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
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
8	Gestelle	178
8.1	Aufgaben und Anforderungen	178
8.2	Gestellkonzepte	179
8.3	Werkstoffe	182
8.4	Dynamische Zusatzsysteme	184
	Quellen und weiterführende Literatur	184
9	Führungen	186
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
10	Hauptspindel	200
10.1	Aufgaben und Anforderungen	200
10.2	Wälzgelagerte Hauptspindeln	203
10.3	Hydrostatische Spindellagerungen	209
	Quellen und weiterführende Literatur	210
11	Hauptantrieb	211
11.1	Aufgaben und Anforderungen	211
11.2	Antriebsmotoren mit stufenloser Drehzahlregelung	212
11.3	Bauarten von Hauptantrieben	217
	Quellen und weiterführende Literatur	220

13	Vorschubantriebe	221
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
13	Positions- und Winkelmesssysteme	236
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
14	Schnittstellen für Werkzeug- und Werkstückspannmittel	247
14.1	Aufgaben und Anforderungen	247
14.2	Schnittstellen für Werkzeugspannmittel	249
14.3	Schnittstellen für Werkstückspannmittel	253
	Quellen und weiterführende Literatur	254
13	Spannmittel	255
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

16 Steuerungstechnik	262
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
17 NC-Programmiermethoden	281
17.1 Programmierverfahren	281
17.1.1 Manuelle und werkstattorientierte 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
Werkzeugmaschinen für umformende Fertigungsverfahren	289
18 Umformmaschinen	290
18.1 Umformende Fertigungsverfahren	290
18.2 Aufgaben, Einteilung und Kenngrößen	291
18.3 Pressmaschinen	293
Quellen und weiterführende Literatur	296
19 Hämmer	297
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

20	Schwungrad-Spindelpressen	303
20.1	Kenngrößen und Funktionsprinzip	303
20.2	Antriebsbauarten	304
20.3	Einsatzbeispiele	306
	Quellen und weiterführende Literatur	307
21	Mechanische Pressen	308
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
22	Rundknetmaschinen	328
	Quellen und weiterführende Literatur	330
22	Hydraulische Pressen	331
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
22	Zieh- und Drückmaschinen	346
24.1	Drahtziehmaschinen	346
24.2	Walzziehmaschinen	348
24.3	Ziehbänke, Profilziehmaschinen	349
24.4	Drückmaschinen	350
	Quellen und weiterführende Literatur	352

25	Walzmaschinen	353
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
26	Biegemaschinen	364
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
Werkzeugmaschinen für zerteilende Fertigungsverfahren		375
27	Zerteilende Fertigungsverfahren	376
	Quellen und weiterführende Literatur	378
25	Scheren	379
28.1	Tafelscheren	379
28.2	Streifenscheren	381
28.3	Kurvenscheren	382
28.4	Winkelscheren	383
	Quellen und weiterführende Literatur	383
29	Schneid- und Stanzmaschinen	384
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

35 Drehbearbeitungszentren für Großteile	467
35.1 Bauformen und Ausführungen	467
35.2 Ausstattung der Maschinen	468
35.3 Fertigungsbeispiele	469
Quellen und weiterführende Literatur	471
36 Bohrmaschinen und Bearbeitungszentren	472
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
37 Tiefbohrmaschinen	489
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 Fräsvorfahren	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	Fräс-Dreh-Technologie	551
40.5.2	Laser-Integration	552
41	Bearbeitungszentren	554
41.1	Steuerungen	554
41.2	Horizontale Bearbeitungszentren (HBZ)	555
41.3	Vertikale Bearbeitungszentren	560
41.4	Tapping Center	565
42	Portalfräsmaschinen	569
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
43	HSC contra 5-Achsen-Simultanbearbeitung	579
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
44	Räummaschinen	590
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 Spitzenlossschleifen	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

Sachwortverzeichnis	724
--------------------------------------	------------