

# Inhaltsverzeichnis

<b>Teil 1</b>	<b>Einführung in die CNC-Technik</b>	13
<b>1.</b>	<b>Historische Entwicklung der NC-Fertigung</b>	15
1.1	Erste Nachkriegsjahre	15
1.2	Wiederaufbau der Werkzeugmaschinenindustrie	15
1.3	Weltweite Veränderungen	16
1.4	Neue, typische NC-Maschinen	17
1.5	Der japanische Einfluss	17
1.6	Die deutsche Krise	17
1.7	Ursachen und Auswirkungen	18
1.8	Flexible Fertigungssysteme	19
1.9	Situation und Ausblick	20
1.10	Fazit	21
<b>2.</b>	<b>Meilensteine der NC-Entwicklung</b>	22
<b>3.</b>	<b>Was ist NC und CNC?</b>	25
3.1	Der Weg zu NC	25
3.2	Computer und NC	27
3.3	CNC-Hardware	34
3.4	CNC-Software	36
3.5	Steuerungsarten	39
3.6	NC-Achsen	44
3.7	NC-Programm	45
3.8	Dateneingabe	46
3.9	SPS	48
3.10	Anpassteil	49
3.11	Bedienung	50
	Das sollte man sich merken	52
<b>4.</b>	<b>SPS – Speicherprogrammierbare Steuerungen</b>	55
4.1	Definition	55
4.2	Entstehungsgeschichte der SPS	55
4.3	Aufbau und Wirkungsweise von SPS	56
4.4	Datenbus und Feldbus	58
4.5	Vorteile von SPS	64
4.6	Programmierung von SPS und Dokumentation	67
4.7	Programm	69
4.8	Programmspeicher	70
4.9	SPS, CNC und PC im integrierten Betrieb	71

## **Inhaltsverzeichnis**

4.10	SPS-Auswahlkriterien .....	73
4.11	Zusammenfassung .....	73
	Das sollte man sich merken .....	78
<b>Teil 2</b>	<b>Funktionen der CNC-Werkzeugmaschine .....</b>	<b>79</b>
<b>1.</b>	<b>Ausführung der Weginformationen .....</b>	<b>81</b>
1.1	Einführung .....	81
1.2	Achsbezeichnung .....	81
1.3	Lageregelkreis .....	84
1.4	Positionsmessung .....	86
1.5	Vorschubantriebe .....	98
1.6	Zusammenfassung .....	109
	Das sollte man sich merken .....	112
<b>2.</b>	<b>Ausführung der Schaltinformationen .....</b>	<b>113</b>
2.1	Werkzeugwechsel .....	113
2.2	Automatischer Werkstückwechsel .....	119
2.3	Drehzahlwechsel .....	123
2.4	Zusammenfassung .....	123
	Das sollte man sich merken .....	125
<b>3.</b>	<b>Einfluss der CNC auf Baugruppen der Maschine .....</b>	<b>126</b>
3.1	Maschinenkonfiguration .....	126
3.2	Maschinengestelle .....	128
3.3	Führungen .....	130
3.4	Hauptantriebe .....	131
3.5	Maschinenverkleidung .....	135
3.6	Kühlmittelversorgung .....	136
3.7	Späneabfuhr .....	136
3.8	Zusammenfassung .....	136
	Das sollte man sich merken .....	137
<b>4.</b>	<b>Funktionen der numerischen Steuerung .....</b>	<b>138</b>
4.1	Definition .....	138
4.2	CNC-Grundfunktionen .....	138
4.3	CNC-Sonderfunktionen .....	143
4.4	Anzeigen in CNC's .....	158
4.5	Offene Steuerungen .....	159
4.6	Preisbetrachtung .....	161
4.7	Zusammenfassung .....	163
	Das sollte man sich merken .....	165

<b>Teil 3</b>	<b>Die Arten von numerisch gesteuerten Maschinen</b>	167
<b>1.</b>	<b>CNC-Werkzeugmaschinen</b>	169
1.1	Bearbeitungszentren, Fräsmaschinen	169
1.2	Drehmaschinen	182
1.3	Schleifmaschinen	190
1.4	Verzahnmaschinen	199
1.5	Bohrmaschinen	208
1.6	Parallelkinematische Maschinen	215
1.7	Sägemaschinen	216
1.8	Laser-Bearbeitungsmaschinen	220
1.9	Stanz- und Nibbelmaschinen	224
1.10	Rohrbiegemaschinen	229
1.11	Funkenerosionsmaschinen	231
1.12	Elektronenstrahl-Maschinen	234
1.13	Wasserstrahl-schneidmaschinen	237
1.14	Entwicklungstendenzen bei numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen	238
1.15	Messen und Prüfen	239
1.16	Zusammenfassung	243
	Das sollte man sich merken	244
<b>2.</b>	<b>Generative Fertigungsverfahren</b>	248
2.1	Einführung	248
2.2	Definitionen	249
2.3	Verfahrenskette	251
2.4	Einteilung der generativen RP-Verfahren	252
2.5	Die derzeit wichtigsten RP-Verfahren	253
2.6	Datenschnittstellen	261
2.7	Zusammenfassung	262
	Das sollte man sich merken	263
<b>3.</b>	<b>Flexible Fertigungssysteme</b>	264
3.1	Definition	264
3.2	Flexible Fertigungsinseln	267
3.3	Flexible Fertigungszellen	267
3.4	Technische Kennzeichen flexibler Fertigungssysteme	270
3.5	FFS-Einsatzkriterien	270
3.6	Fertigungsprinzipien	273
3.7	Maschinenauswahl und -anordnung	275
3.8	Werkstück-Transportsysteme	275
3.9	FFS-geeignete CNC's	285
3.10	FFS-Leitrechner	286
3.11	Wirtschaftliche Vorteile von FFS	288
3.12	Probleme und Risiken bei der Auslegung von FFS	290

## Inhaltsverzeichnis

3.13	Flexibilität und Komplexität .....	291
3.14	Simulation von FFS .....	294
3.15	Produktionsplanungssysteme (PPS) .....	296
3.16	Zusammenfassung .....	298
	Das sollte man sich merken .....	302
<b>4.</b>	<b>Industrieroboter und Handhabung .....</b>	<b>303</b>
4.1	Definition: Was ist ein Industrieroboter? .....	304
4.2	Aufbau von Industrierobotern .....	304
4.3	Mechanik/Kinematik .....	306
4.4	Greifer oder Effektor .....	306
4.5	Steuerung .....	308
4.6	SafeRobot Technologie .....	311
4.7	Programmierung .....	312
4.8	Sensoren .....	314
4.9	Anwendungsbeispiele von Industrierobotern .....	315
4.10	Einsatzkriterien für Industrieroboter .....	317
4.11	Vergleich Industrie-Roboter und CNC-Maschine .....	319
4.12	Zusammenfassung und Ausblick .....	320
	Das sollte man sich merken .....	322
<b>Teil 4</b>	<b>Werkzeugsystematik für CNC-Maschinen .....</b>	<b>323</b>
<b>1.</b>	<b>Werkzeugsystematik .....</b>	<b>325</b>
1.1	Einführung .....	325
1.2	Werkzeugsysteme .....	326
1.3	Werkzeug-Voreinstellung .....	335
1.4	Betriebliche Werkzeugkataloge .....	338
1.5	Werkzeug-Identifikation .....	342
1.6	Werkzeugverwaltung .....	350
1.7	Werkzeugmessung und -überwachung mit Lasersystemen .....	353
1.8	Zusammenfassung .....	356
	Das sollte man sich merken .....	357
<b>2.</b>	<b>Prozessnahe Fertigungsmesstechnik im Verbund mit mechatronischen Werkzeugsystemen .....</b>	<b>358</b>
2.1	Einführung .....	358
2.2	Parallele Messtechniken .....	358
2.3	Prozessnahes Messen in Nebenzeiten .....	358
2.4	Mit Bohrungsmessköpfen nah am Prozess .....	359
2.5	Aktorische Werkzeugsysteme schließen den Regelkreis .....	360
2.6	Mechatronische Werkzeugsysteme .....	361
2.7	Geschlossene Prozesskette .....	361
2.8	Ausblick .....	361
2.9	Zusammenfassung .....	364
	Das sollte man sich merken .....	366

<b>Teil 5</b>	<b>CNC-Programm und Programmierung</b>	367
<b>1.</b>	<b>CNC-Programm</b>	369
1.1	Definition	369
1.2	Struktur der NC-Programme	369
1.3	Programmaufbau, Syntax und Semantik	372
1.4	Schaltbefehle (M-Funktionen)	373
1.5	Weginformationen	373
1.6	Wegbedingungen (G-Funktionen)	375
1.7	Zyklen	379
1.8	Nullpunkte und Bezugspunkte	383
1.9	Transformation	386
1.10	Werkzeugkorrekturen	386
1.11	Zusammenfassung	391
	Das sollte man sich merken	392
<b>2.</b>	<b>Programmierung von CNC-Maschinen</b>	393
2.1	Definition der NC-Programmierung	393
2.2	Programmiermethoden	393
2.3	NC-Programmierer	402
2.4	Arbeitserleichternde Grafik	402
2.5	Verteilte Intelligenz	405
2.6	Auswahl des geeigneten Programmiersystems	406
2.7	Zusammenfassung	407
	Das sollte man sich merken	409
<b>3.</b>	<b>CNC-Programmiersysteme</b>	410
3.1	Einleitung	410
3.2	Bearbeitungsverfahren im Wandel	411
3.3	Der Einsatzbereich setzt die Prioritäten	412
3.4	Eingabedaten aus unterschiedlichen Quellen	414
3.5	Leistungsumfang eines modernen NC-Programmiersystems (CAM)	414
3.6	Datenmodelle auf hohem Niveau	414
3.7	CAM-orientierte Geometrie-Manipulation	415
3.8	Nur leistungsfähige Bearbeitungsstrategien zählen	416
3.9	3D-Modelle bieten mehr	417
3.10	Innovativ mit Feature-Technik	417
3.11	Automatische Objekterkennung	418
3.12	Bearbeitungsdatenbank	419
3.13	Werkzeuge	420
3.14	Aufspannplanung und Definition der Reihenfolge	420
3.15	Die Simulation bringt es auf den Punkt	422
3.16	Postprozessor	422

## Inhaltsverzeichnis

3.17	Erzeugte Daten und Schnittstellen zu den Werkzeugmaschinen .....	422
3.18	Zusammenfassung .....	423
	Das sollte man sich merken .....	424
<b>4.</b>	<b>Fertigungs-Simulation .....</b>	<b>427</b>
4.1	Einleitung .....	427
4.2	Qualitative Abgrenzung der Systeme .....	427
4.3	Komponenten eines Simulationsszenarios .....	429
4.4	Ablauf der NC-Simulation .....	431
4.5	Einsatzfelder .....	434
4.6	Zusammenfassung .....	436
	Das sollte man sich merken .....	438
<b>Teil 6</b>	<b>Einbindung der CNC-Technik in die betriebliche Informationsverarbeitung .....</b>	<b>439</b>
<b>1.</b>	<b>DNC – Direct Numerical Control oder Distributed Numerical Control .....</b>	<b>441</b>
1.1	Definition .....	441
1.2	Aufgaben von DNC .....	441
1.3	Einsatzkriterien für DNC-Systeme .....	442
1.4	Datenkommunikation mit CNC-Steuerungen .....	443
1.5	Technik des Programmanforderns .....	444
1.6	Heute angebotene DNC-Systeme .....	445
1.7	Netzwerktechnik für DNC .....	447
1.8	Vorteile beim Einsatz von Netzwerken .....	449
1.9	NC-Programmverwaltung .....	449
1.10	Vorteile des DNC-Betriebes .....	453
1.11	Kosten und Wirtschaftlichkeit von DNC .....	454
1.12	Stand und Tendenzen .....	454
1.13	Zusammenfassung .....	455
	Das sollte man sich merken .....	457
<b>2.</b>	<b>LAN – Local Area Networks .....</b>	<b>458</b>
2.1	Einleitung .....	458
2.2	Local Area Network (LAN) .....	458
2.3	Was sind Informationen? .....	458
2.4	Kennzeichen und Merkmale von LAN .....	460
2.5	Gateway und Bridge .....	467
2.6	Auswahlkriterien eines geeigneten LAN's .....	468
2.7	Schnittstellen .....	468
2.8	Zusammenfassung .....	472
	Das sollte man sich merken .....	474

<b>3.</b>	<b>Digitale Produktentwicklung und Fertigung:</b>	
	<b>Von CAD und CAM zu PLM</b>	475
3.1	Einleitung	475
3.2	Begriffe und Geschichte	476
3.3	Digitale Produktentwicklung	481
3.4	Digitale Fertigung	486
3.5	Zusammenfassung	490
	Das sollte man sich merken	491
<b>Teil 7</b>	<b>Anhang</b>	493
	<b>Richtlinien, Normen, Empfehlungen</b>	495
	VDI-Richtlinien	495
	DIN-Normen	497
	NCG-Empfehlungen	499
	<b>NC-Fachwortverzeichnis</b>	501
	<b>Stichwortverzeichnis</b>	541
	<b>Empfohlene NC-Literatur</b>	547
	<b>Inserentenverzeichnis</b>	550
	<b>Bezugsquellenverzeichnis</b>	551