

# 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	Weltwirtschaftskrise 2009	20
1.10	Situation und Ausblick	21
1.11	Fazit	22
<b>2.</b>	<b>Meilensteine der NC-Entwicklung</b>	23
<b>3.</b>	<b>Was ist NC und CNC?</b>	26
3.1	Der Weg zu NC	26
3.2	Hardware	27
3.3	Software	28
3.4	Steuerungsarten	31
3.5	NC-Achsen	33
3.6	SPS, PLC	34
3.7	Anpassteil	36
3.8	Computer und NC	36
3.9	NC-Programm und Programmierung	38
3.10	Dateneingabe	41
3.11	Bedienung	43
3.12	Zusammenfassung	45
	Das sollte man sich merken	47
<b>Teil 2</b>	<b>Funktionen der CNC-Werkzeugmaschine</b>	49
<b>1.</b>	<b>Ausführung der Weginformationen</b>	51
1.1	Einführung	51
1.2	Achsbezeichnung	51
1.3	Lageregelkreis	54
1.4	Positionsmessung	56
1.5	Vorschubantriebe	70

1.6	Zusammenfassung .....	80
	Das sollte man sich merken .....	83
<b>2.</b>	<b>Ausführung der Schaltinformationen .....</b>	<b>84</b>
2.1	Werkzeugwechsel .....	84
2.2	Automatischer Werkstückwechsel .....	90
2.3	Drehzahlwechsel .....	94
2.4	Zusammenfassung .....	94
	Das sollte man sich merken .....	96
<b>3.</b>	<b>Funktionen der numerischen Steuerung .....</b>	<b>97</b>
3.1	Definition .....	97
3.2	CNC-Grundfunktionen .....	97
3.3	CNC-Sonderfunktionen .....	103
3.4	Anzeigen in CNC's .....	120
3.5	Offene Steuerungen .....	120
3.6	Preisbetrachtung .....	123
3.7	Vorteile neuester CNC-Entwicklungen .....	126
3.8	Zusammenfassung .....	126
	Das sollte man sich merken .....	128
<b>4.</b>	<b>SPS – Speicherprogrammierbare Steuerungen .....</b>	<b>129</b>
4.1	Definition .....	129
4.2	Entstehungsgeschichte der SPS .....	129
4.3	Aufbau und Wirkungsweise von SPS .....	130
4.4	Datenbus und Feldbus .....	132
4.5	Vorteile von SPS .....	138
4.6	Programmierung von SPS und Dokumentation .....	141
4.7	Programm .....	143
4.8	Programmspeicher .....	144
4.9	SPS, CNC und PC im integrierten Betrieb .....	145
4.10	SPS-Auswahlkriterien .....	147
4.11	Zusammenfassung .....	147
	Das sollte man sich merken .....	152
<b>5.</b>	<b>Einfluss der CNC auf Baugruppen der Maschine .....</b>	<b>153</b>
5.1	Maschinenkonfiguration .....	153
5.2	Maschinengestelle .....	155
5.3	Führungen .....	157
5.4	Hauptantriebe .....	158
5.5	Maschinenverkleidung .....	164
5.6	Kühlmittelversorgung .....	164
5.7	Späneabfuhr .....	165
5.8	Zusammenfassung .....	165
	Das sollte man sich merken .....	166

<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-Bearbeitungsanlagen	220
1.9	Stanz- und Nibbelmaschinen	227
1.10	Rohrbiegemaschinen	231
1.11	Funkenerosionsmaschinen	233
1.12	Elektronenstrahl-Maschinen	236
1.13	Wasserstrahlschneidmaschinen	239
1.14	Entwicklungstendenzen bei numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen	240
1.15	Messen und Prüfen	243
1.16	Zusammenfassung	248
	Das sollte man sich merken	249
<b>2.</b>	<b>Generative Fertigungsverfahren</b>	253
2.1	Einführung	253
2.2	Definition	254
2.3	Verfahrenskette	256
2.4	Einteilung der generativen Fertigungsverfahren	258
2.5	Vorstellung der wichtigsten Schichtbauverfahren	260
2.6	Zusammenfassung	267
	Das sollte man sich merken	268
<b>3.</b>	<b>Flexible Fertigungssysteme</b>	269
3.1	Definition	269
3.2	Flexible Fertigungsinseln	272
3.3	Flexible Fertigungszellen	272
3.4	Technische Kennzeichen flexibler Fertigungssysteme	275
3.5	FFS-Einsatzkriterien	275
3.6	Fertigungsprinzipien	278
3.7	Maschinenauswahl und -anordnung	280
3.8	Werkstück-Transportsysteme	280
3.9	FFS-geeignete CNC's	290
3.10	FFS-Leitrechner	291
3.11	Wirtschaftliche Vorteile von FFS	293
3.12	Probleme und Risiken bei der Auslegung von FFS	295
3.13	Flexibilität und Komplexität	296

3.14	Simulation von FFS .....	299
3.15	Produktionsplanungssysteme (PPS) .....	301
3.16	Zusammenfassung .....	303
	Das sollte man sich merken .....	307
<b>4.</b>	<b>Industrieroboter und Handhabung .....</b>	<b>308</b>
4.1	Definition: Was ist ein Industrieroboter? .....	309
4.2	Aufbau von Industrierobotern .....	309
4.3	Mechanik/Kinematik .....	311
4.4	Greifer oder Effektor .....	311
4.5	Steuerung .....	313
4.6	SafeRobot Technologie .....	316
4.7	Programmierung .....	318
4.8	Sensoren .....	319
4.9	Anwendungsbeispiele von Industrierobotern .....	320
4.10	Einsatzkriterien für Industrieroboter .....	323
4.11	Vergleich Industrie-Roboter und CNC-Maschine .....	325
4.12	Zusammenfassung und Ausblick .....	326
	Das sollte man sich merken .....	328
<b>Teil 4</b>	<b>Werkzeugsystematik für CNC-Maschinen .....</b>	<b>329</b>
<b>1.</b>	<b>Werkzeugsystematik .....</b>	<b>331</b>
1.1	Einführung .....	331
1.2	Werkzeugsysteme .....	332
1.3	Werkzeug-Voreinstellung .....	341
1.4	Betriebliche Werkzeugkataloge .....	344
1.5	Werkzeug-Identifikation .....	348
1.6	Werkzeugverwaltung .....	356
1.7	Werkzeugmessung und -überwachung mit Lasersystemen .....	359
1.8	Zusammenfassung .....	362
	Das sollte man sich merken .....	363
<b>2.</b>	<b>Prozessnahe Fertigungsmesstechnik im Verbund mit mechatronischen Werkzeugsystemen .....</b>	<b>364</b>
2.1	Einführung .....	364
2.2	Parallele Messtechniken .....	364
2.3	Prozessnahes Messen in Nebenzeiten .....	364
2.4	Mit Bohrungsmessköpfen nah am Prozess .....	365
2.5	Aktorische Werkzeugsysteme schließen den Regelkreis .....	366
2.6	Mechatronische Werkzeugsysteme .....	367
2.7	Geschlossene Prozesskette .....	367
2.8	Ausblick .....	367
2.9	Zusammenfassung .....	370
	Das sollte man sich merken .....	372

<b>Teil 5</b>	<b>NC-Programm und Programmierung</b>	373
<b>1.</b>	<b>NC-Programm</b>	375
1.1	Definition	375
1.2	Struktur der NC-Programme	375
1.3	Programmaufbau, Syntax und Semantik	378
1.4	Schaltbefehle (M-Funktionen)	379
1.5	Weginformationen	379
1.6	Wegbedingungen (G-Funktionen)	383
1.7	Zyklen	386
1.8	Nullpunkte und Bezugspunkte	390
1.9	Transformation	393
1.10	Werkzeugkorrekturen	393
1.11	Zusammenfassung	398
	Das sollte man sich merken	399
<b>2.</b>	<b>Programmierung von CNC-Maschinen</b>	400
2.1	Definition der NC-Programmierung	400
2.2	Programmiermethoden	400
2.3	NC-Programmierer	409
2.4	Arbeitserleichternde Grafik	409
2.5	Verteilte Intelligenz	412
2.6	Auswahl des geeigneten Programmiersystems	413
2.7	Zusammenfassung	414
	Das sollte man sich merken	416
<b>3.</b>	<b>CNC-Programmiersysteme</b>	417
3.1	Einleitung	417
3.2	Bearbeitungsverfahren im Wandel	418
3.3	Der Einsatzbereich setzt die Prioritäten	419
3.4	Eingabedaten aus unterschiedlichen Quellen	421
3.5	Leistungsumfang eines modernen NC-Programmiersystems (CAM)	421
3.6	Datenmodelle auf hohem Niveau	421
3.7	CAM-orientierte Geometrie-Manipulation	422
3.8	Nur leistungsfähige Bearbeitungsstrategien zählen	423
3.9	3D-Modelle bieten mehr	424
3.10	Innovativ mit Feature-Technik	424
3.11	Automatische Objekterkennung	425
3.12	Bearbeitungsdatenbank	426
3.13	Werkzeuge	427
3.14	Aufspannplanung und Definition der Reihenfolge	427
3.15	Die Simulation bringt es auf den Punkt	429
3.16	Postprozessor	429
3.17	Erzeugte Daten und Schnittstellen zu den Werkzeugmaschinen	429

3.18	Zusammenfassung .....	430
	Das sollte man sich merken .....	431
<b>4.</b>	<b>Fertigungs-Simulation .....</b>	<b>432</b>
4.1	Einleitung .....	432
4.2	Qualitative Abgrenzung der Systeme .....	432
4.3	Komponenten eines Simulationsszenarios .....	436
4.4	Ablauf der NC-Simulation .....	439
4.5	Einsatzfelder .....	441
4.6	Zusammenfassung .....	444
	Das sollte man sich merken .....	446
<b>Teil 6</b>	<b>Einbindung der CNC-Technik in die betriebliche Informationsverarbeitung .....</b>	<b>447</b>
<b>1.</b>	<b>DNC – Direct Numerical Control oder Distributed Numerical Control .....</b>	<b>449</b>
1.1	Definition .....	449
1.2	Aufgaben von DNC .....	449
1.3	Einsatzkriterien für DNC-Systeme .....	450
1.4	Datenkommunikation mit CNC-Steuerungen .....	451
1.5	Technik des Programmanforderns .....	452
1.6	Heute angebotene DNC-Systeme .....	453
1.7	Netzwerktechnik für DNC .....	455
1.8	Vorteile beim Einsatz von Netzwerken .....	457
1.9	NC-Programmverwaltung .....	457
1.10	Vorteile des DNC-Betriebes .....	461
1.11	Kosten und Wirtschaftlichkeit von DNC .....	462
1.12	Stand und Tendenzen .....	462
1.13	Zusammenfassung .....	463
	Das sollte man sich merken .....	465
<b>2.</b>	<b>LAN – Local Area Networks .....</b>	<b>466</b>
2.1	Einleitung .....	466
2.2	Local Area Network (LAN) .....	466
2.3	Was sind Informationen? .....	466
2.4	Kennzeichen und Merkmale von LAN .....	468
2.5	Gateway und Bridge .....	475
2.6	Auswahlkriterien eines geeigneten LAN's .....	476
2.7	Schnittstellen .....	476
2.8	Zusammenfassung .....	480
	Das sollte man sich merken .....	482

<b>3.</b>	<b>Digitale Produktentwicklung und Fertigung: Von CAD und CAM zu PLM ...</b>	<b>483</b>
3.1	Einleitung .....	483
3.2	Begriffe und Geschichte .....	484
3.3	Digitale Produktentwicklung .....	489
3.4	Digitale Fertigung .....	494
3.5	Zusammenfassung .....	498
	Das sollte man sich merken .....	499
<b>Teil 7</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>501</b>
	<b>Richtlinien, Normen, Empfehlungen .....</b>	<b>503</b>
	VDI-Richtlinien .....	503
	DIN-Normen .....	505
	NCG-Empfehlungen .....	507
	<b>NC-Fachwortverzeichnis .....</b>	<b>509</b>
	<b>Stichwortverzeichnis .....</b>	<b>551</b>
	<b>Empfohlene NC-Literatur .....</b>	<b>556</b>
	<b>Inserentenverzeichnis .....</b>	<b>558</b>
	<b>Tabellen und Übersichtstafeln .....</b>	<b>559</b>
	<b>Bezugsquellenverzeichnis .....</b>	<b>560</b>