

Vorwort zur 5. Auflage

Rationalisierungsmaßnahmen auf breiter Ebene und der Zwang, international konkurrenzfähig zu bleiben, haben bewirkt, dass sich CNC-Maschinen selbst in Kleinbetrieben durchgesetzt haben. Konventionelle Fräs- und Drehmaschinen sind heute eher zu einer Seltenheit geworden. Leistungsfähige und bedienerfreundliche Steuerungen haben es ermöglicht, selbst Einzelteile wirtschaftlich auf CNC-Maschinen zu fertigen.

Der Lehrgang wendet sich in erster Linie an Auszubildende der Mechatronik und Metalltechnik und an Facharbeiter innerhalb der Fort- und Weiterbildung. Die Unterlagen basieren auf jahrelanger betrieblicher Praxis und Lehrtätigkeit des Autors in der Facharbeiter- und Erwachsenenbildung.

Das Lehrprogramm gliedert sich in zwei große Bereiche:

Grundlagen der CNC-Technik (Kap. 1–5)
Programmierung von CNC-Maschinen (Kap. 6–13)
Programmierung nach PAL (Kap. 14)

Im ersten Teil werden die steuerungs- und maschinenspezifischen Grundlagen behandelt.

Der zweite Teil befasst sich ausführlich mit der Erstellung von Programmen und gibt eine umfassende Übersicht über die verschiedenen Programmstrukturen und Programmier Techniken. Das letzte Kapitel behandelt die Programmierung nach dem PAL-Modus.

Der Lehrgang unterteilt sich in Informations-, Arbeits- und Übungsblätter.

Die Informationsblätter vermitteln das Grundwissen über die CNC-Technik.

Den Inhalt der Arbeitsblätter erarbeitet der Lehrer oder Ausbilder zusammen mit den Lernenden, vorzugsweise am Tageslichtprojektor oder Beamer.

Die Übungsblätter mit den Übungsaufgaben vertiefen den zuvor erarbeiteten Stoff und dienen zugleich der Lernzielkontrolle.

Der Autor dankt der Firma SL Automatisierungstechnik, Iserlohn, für die Unterstützung bei der Bearbeitung der PAL-Zyklen.

Die Inhalte des Kapitels „PAL-Zyklen“ richten sich nach den Veröffentlichungen der PAL-Prüfungsaufgaben- und Lehrmittelentwicklungsstelle der IHK Region Stuttgart.

Albstadt, Frühjahr 2017

Michael Grotz

Inhaltsverzeichnis CNC-Lehrgang

1	Aufbau von CNC-Maschinen	6
1.1	Aufbau einer CMC-Maschine	6
1.2	Aufbau einer CNC-Steuerung	7
1.3	Lageregelung	8
1.4	Führungen und Kugelgewindetriebe	9
1.5	Wegmesssysteme	10
1.5.1	Übersicht	10
1.5.2	Glasmaßstab mit Durchlichtverfahren	11
1.6	Werkzeuge	12
1.6.1	Werkzeugrevolver	12
1.6.2	Werkzeugmagazine	12
1.6.3	Angetriebene Werkzeuge und Doppelschlitten	12
2	Flexible Fertigungssysteme	13
2.1	Aufbau flexibler Fertigungssysteme	13
2.2	Flexible Fertigungszellen	14
2.3	Fertigungsinseln und Transferstraßen	15
2.3.1	Flexible Transferstraßen	15
3	Koordinatensysteme	16
3.1	Koordinatensystem nach DIN 66 217	16
3.2	Koordinatenachsen bei Drehmaschinen	17
3.3	Koordinatenachsen bei Fräsmaschinen	18
3.4	Übungsaufgabe – Koordinatenachsen	19
3.5	Maschinen- und Werkzeugbewegungen	20
4	Bezugspunkte	21
4.1	Maschinennullpunkt M	21
4.2	Referenzpunkt R	21
4.3	Werkstücknullpunkt W	22
4.4	Bestimmung des Werkstücknullpunktes	23
4.5	Programmstartpunkt P0	27
4.6	Anschlagpunkt A	27
4.7	Werkzeugwechsellpunkt Ww	27
4.8	Werkzeugeinstellpunkt E	27
4.9	Werkzeugaufnahmepunkt N	27
4.10	Werkzeugschneidenpunkt P	27
4.11	Übungsaufgabe – Bezugspunkte bei Drehmaschinen	28
4.12	Übungsaufgabe – Bezugspunkte bei Fräsmaschinen	29
5	Steuerungsarten	30
5.1	Steuerungen allgemein	30
5.2	Punktsteuerungen	30
5.3	Streckensteuerungen	30
5.4	Bahnsteuerungen	30
5.4.1	2D- und 2½D-Steuerungen	31
5.4.2	3D-Steuerungen	31
5.4.3	3D-Steuerungen vier- und fünfachsig	32
6	Programmierung	33
6.1	AV-Programmierung	33
6.2	Werkstattprogrammierung	33
6.3	Werkstattorientierte Produktionsunterstützung (WOP)	33

7	Programmaufbau	35
7.1	Entstehung eines CNC-Programms (Frästeil)	35
7.2	Entstehung eines CNC-Programms (Drehteil)	36
7.3	Formaler Programmaufbau	37
7.3.1	Aufbau eines Programms	37
7.3.2	Aufbau eines Satzes	38
7.3.3	Aufbau eines Wortes	38
7.3.4	Adressbuchstaben und Sonderzeichen nach DIN 66 025	39
7.3.5	Weginformationen	40
7.3.6	Technologische Anweisungen	41
7.3.7	Zusatzfunktionen	42
7.3.8	Übungsaufgabe	44
8	Programmierverfahren	45
8.1	Absolutprogrammierung	45
8.2	Relativprogrammierung	46
8.3	Übungsaufgabe Fräsen	47
8.4	Übungsaufgabe Drehen	48
9	Arbeitsbewegungen	49
9.1	Geraden-Interpolation G01-Fräsen	49
9.1.1	Übungsaufgabe	49
9.1.2	Übungsaufgaben	50
9.2	Geraden-Interpolation G01-Drehen	52
9.2.1	Übungsaufgabe	52
9.2.2	Übungsaufgabe	53
9.3	Kreis-Interpolation G02-Fräsen	54
9.3.1	Übungsaufgabe Bearbeitungsbeispiel	54
9.4	Kreis-Interpolation G03-Fräsen	55
9.4.1	Übungsaufgabe Bearbeitungsbeispiel	55
9.5	Übungsaufgaben	56
9.6	Kreis-Interpolation G02-Drehen	58
9.6.1	Übungsaufgabe Bearbeitungsbeispiel	58
9.7	Kreis-Interpolation G03-Drehen	59
9.7.1	Übungsaufgabe Bearbeitungsbeispiel (ohne technologische Anweisungen und Zusatzfunktionen)	59
9.8	Drehen vor der Drehmitte	60
9.9	Übungsaufgabe Außen- und Innenkontur	61
10	Werkzeug- und Bahnkorrekturen	62
10.1	Werkzeugkorrekturen beim Fräsen	62
10.1.1	Fräserradiuskorrektur (FRK)	63
10.1.2	Besonderheiten bei Bahnkorrekturen	64
10.1.3	Anfahren an Konturen	65
10.1.4	Übungsaufgabe	66
10.2	Werkzeugkorrekturen beim Drehen	68
10.2.1	Werkzeuglagen-Korrektur	68
10.2.2	Schneidenradiuskompensation (SRK)	69
10.2.3	Lage der Schneidenspitze	69
10.2.4	Feinkorrekturen	69
10.2.5	Korrekturrichtung	70
10.2.6	Bahnkorrekturen bei Mehrschlittenmaschinen	70
10.2.7	Anfahren an Konturen	71
10.2.8	Übungsaufgabe	72
11	Bezugspunktverschiebungen	74
11.1	Nullpunktverschiebung (NPV)	74
11.1.1	Besonderheiten der NPV	74
11.1.2	Programmierbare Nullpunktverschiebung	75
11.1.3	Gespeicherte Nullpunktverschiebung	76

11.1.4	Übungsaufgabe – gespeicherte Nullpunktverschiebung	77
11.2	Koordinatendrehung (KD)	78
11.2.1	Programmierbare Koordinatendrehung (KD)	78
11.2.2	Gespeicherte Koordinatendrehung (KD)	79
11.2.3	Spiegelung und Maßstabsänderung	79
11.3	Istwertspeicher setzen	80
12	Programmstrukturen	81
12.1	Wiederholung von Programmteilen	81
12.2	Unterprogramme (UP)	81
12.2.1	Unterprogramme mit programmierbarer Bezugspunktverschiebung	82
12.2.2	Inkrementale Schreibweise des Unterprogramms	83
12.2.3	Unterprogramme mit Werkzeugkorrekturen	83
12.2.4	Anwendungsbeispiel Gesenckfräsen	84
12.2.5	Übungsaufgabe	84
12.2.6	Unterprogramme mit Parametern	86
12.3	Arbeitszyklen bei Industriesteuerungen	87
12.3.1	Bohrzyklen (Auswahl)	88
12.3.2	Fräszyklen (Auswahl)	91
12.3.3	Übungsaufgabe	92
12.3.4	Drehzyklen (Auswahl)	94
12.3.5	Übungsaufgabe	95
13	Erweiterte Programmierung	99
13.1	Polarkoordinaten	99
13.1.1	Bearbeitungsebenen und Programmierung	99
13.1.2	Beispiele	101
13.1.3	Übungsaufgabe	101
13.2	Konturzüge	102
13.2.1	Konturzugprogrammierung	102
13.2.2	Verkettung von Sätzen	106
13.2.3	Anfahrstrategien	106
13.2.4	Übungsaufgaben	107
13.3	Schraubenlinien-Interpolation	108
13.3.1	Übungsaufgabe	108
13.4	Zylinder-Interpolation	109
13.4.1	Zylinder-Interpolation auf Fräsmaschinen	109
13.4.2	Beispiele auf Fräsmaschinen	110
13.5	Dreh-Fräs-Bearbeitung	112
13.5.1	Dreh-Fräs-Bearbeitung mit Rotationsachsen	112
13.5.2	Einsatzmöglichkeiten der C-Achse	112
13.5.3	Bahn- und Winkelgeschwindigkeiten	113
13.5.4	C-Achse als Rotationsachse	114
13.5.5	Fräsen an der Planfläche mit G17	115
13.5.6	Fräsen von Zylinderbahnen mit G19	116
13.5.7	C-Achse als Linearachse	117
14	Programmaufbau nach PAL¹⁾	118
14.1	PAL-Funktionen bei Dreh- und Fräsmaschinen	118
14.2	Wegbedingungen-Drehen	120
14.2.1	Linearinterpolation im Arbeitsgang mit G1	120
14.2.2	Übungsaufgabe	122
14.2.3	Kreisinterpolation	123
14.3	PAL-Zyklus-Drehen (Auswahl)	124
14.3.1	Längsschruppzyklus G81	124
14.4	Wegbedingungen-Fräsen	125
14.4.1	Linearinterpolation im Arbeitsgang mit G1	125
14.4.2	Übungsaufgabe	127
14.4.3	Kreisinterpolation	128
14.5	PAL-Zyklus-Fräsen (Auswahl)	129