

TopTrain

E-Learning-Modul für CNC-Grundlagen, CNC-Drehen und CNC-Fräsen nach den PAL-Richtlinien mit der Einbindung der MTS-3D-Maschinenraum- und Bearbeitungssimulation. Mit seinen Lernabschnitten umfasst TopTrain den Lerninhalt CNC-Programmierung der Metallberufe, insbesondere den der Industriemechaniker und der Mechatroniker.

Mit der vorliegenden Lernsoftware TopTrain hat MTS den Wunsch seiner Kunden nach einem Selbstlern-Modul für die Aus- und Weiterbildung realisiert, der mit der interaktiven Einbindung der MTS-Maschinenraumsimulation TopMill und TopTurn über die Standard-E-Learning-Methoden hinausgeht.

Das MTS-Lernprogramm TopTrain wird mit unseren virtuellen 3D-Maschinen ergänzt und erlaubt so neben der Vermittlung der Lerninhalte mit der genauen Nachbildung der Werkzeugmaschinen in der MTS-Simulation auch den ersten praktischen Einstieg in das Programmieren und Einrichten mit einer handlungsorientierten Arbeitsweise. Mit den Funktionen Vermessen des gefertigten Werkstücks und Rautiefenbestimmung findet auch die Qualitätskontrolle ihre Berücksichtigung.

Schon bei der Vermittlung der Grundlagen oder den ersten Programmierschritten wird die Maschinensimulation eingebunden und damit werden dem Lernenden seine Eingaben am Maschinenmodell praktisch demonstriert.

CNC-Grundlagen

Neben den technischen CNC-Grundlagen, Maschinen- aufbau, Achsen, Lageregelung, Messverfahren, Antrieben, Werkzeugwechsler, enthält dieser Abschnitt auch mathematische, geometrische und technologische Grundlagen wie Koordinatensysteme, Maschinenpunkte, Nullpunkte, Vorschub, Schnittgeschwindigkeit, Werkzeugaufbau, Werkzeugradien und Quadranten.

1.1. Grundlagen der CNC-Technik
Wegmesssysteme - Messverfahren

Neben der Unterscheidung der Messsysteme nach:

- dem Messprinzip und dem Messort (siehe Seite "Wegmesssysteme - Messprinzip - Ort der Messwertverfassung")
- ist das Messverfahren ein weiteres wichtiges Merkmal.

Die Messverfahren werden für das Durchlichtverfahren erklärt. Daneben existiert noch das Auflichtverfahren. Die Messverfahren unterscheiden sich nach:

- inkremental:**
 - der Maßstab (4) besitzt eine Maßeinteilung (gleichmäßiges Strichgitter)
 - bei Bewegungen werden die Hell-Dunkel-Felder richtungsabhängig gezählt und durch die Elektronik ausgewertet.
 - Die Lichtstrahlen der Lichtquelle (1) werden durch das Abtastgitter (3) auf den Maßstab (4) projiziert.
 - Bewegen sich Abtastgitter und Maßstab relativ zueinander, ändert sich die Intensität des Lichtstromes → die Elektronik berechnet aus den Signalen die Bewegungsrichtung und Ist-Position
 - Nach dem Einschalten ist die aktuelle Position nicht bekannt. Für deren Ermittlung muss eine Referenzmarke (6) überfahren werden.
- die Ist-Position steht sofort nach dem Einschalten zur Verfügung
 - wird direkt in dual codierter Form vom Maßstab (4) abgelesen
 - jede einzelne Längen- oder Winkelposition besitzt einen eindeutigen Wert
- der Maßstab (4) ist aus mehreren Positionsspuren (7) → aus den Signalen des Fotoelementes (5) berechnet die Steuerung die Ist-Position
- der Aufbau der absoluten Messsysteme ist aufwändig → der Maßstab besteht aus mehreren Spuren

1.1. Grundlagen der CNC-Technik
Geschwindigkeits-Lage-Regelkreis

Eine CNC-Achse besteht u. a. aus diesen Basiselementen:

- einem regelbaren Achsantrieb
- einem Lagerregelkreis mit
- dem Wegmesssystem (siehe auch nächste Seite "Wegmesssysteme - Messprinzip")
- einem Drehzahl- bzw. Geschwindigkeitsregelkreis

Der Interpolator berechnet aus den Angaben im CNC-Programm:

- die Soll-Position der CNC-Achse,
- die Soll-Geschwindigkeit der CNC-Achse.

Der Lagerregelkreis ermittelt die Regeldifferenz für die Lage.

Der Drehzahl- bzw. Geschwindigkeitsregelkreis ermittelt die Regeldifferenz für die Geschwindigkeit/Drehzahl.

Der Regler bestimmt aus den beiden Regeldifferenzen die Stellgröße zur Beeinflussung des Motors (→ Drehzahl / Drehrichtung).

1.1. Grundlagen der CNC-Technik
Vorschubantriebe

- regelbarer Vorschubantrieb:**
 - stufenlos regelbare elektromotorische Antriebe
 - ein E-Motor (1) bewegt eine Kugelumlaufspindel (4)
 - die Kugelumlaufmutter (5) wandelt deren Drehbewegung in eine Längsbewegung (6) des Tisches um
 - ein Messsystem (7) ermöglicht die exakte Positionierung
 - die Bewegungen müssen mit geringer Reibung und möglichst spielfrei erzeugt werden
 - Einsatz spezieller Linearführungen und Kugelumlauftrieben
 - In neuen Maschinen werden zunehmend Linearmotoren oder drehmomentgeregelte Motoren eingesetzt.
- Kugelumlauftriebe:**
 - äußerst geringe Rollreibung
 - Reduzierung des Spiels zwischen Kugelumlaufmutter und Kugelumlaufspindel durch Vorspannung auf ein Minimum
 - Kugelumlauftriebe besitzen mehrere Vorteile
 - Fertigungstoleranzen von Kugelumlauftrieben werden mit Hilfe des Spindelsteuereingangsfehlerausgleichs kompensiert

Auswertung der Übungen und Tests dieser Sitzung (detailliert - Fräsen - Grundlagen)

Nur die erste Eingabe in jedem Eingabefeld wird ausgewertet. Nachträgliche Änderungen dieser ersten Eingabe, auch auf einen richtigen Wert (Feldhintergrundfarbe), werden nicht berücksichtigt!

Bezeichnung der Seite mit der Übung/ dem Test	Seite Nr.	Bezeichnung Eingabefeld	Richtiger Wert:	Falscher Wert:
Aufgabe 1 - Geraden- bzw. Linearinterpolation	19	N30 X	10	11
		N80 X	10	11
		H100 G	0	2
		H120 Z	-8	-6
Aufgabe 2 - Geraden- bzw. Linearinterpolation	20	N40 G	1	0
		N40 Z	-9,5	-9
		N60 AS	-60	60
		N90 XI	-25	25
Aufgabe 3 - Geraden- bzw. Linearinterpolation	21	N40 G	1	0
		N40 Z	-7	-6
		N60 H	1	2
Aufgabe 4 - Kreisinterpolation (inkrementelle Mittelpunktkoordinaten)	29	Parameter I	I-17,5	I-17
		Endpunkt P4	E	S

TopTrain-Auswertemodul

Die Lerninhalte werden in TopTrain mit interaktiven Programmieraufgaben nach der Lückentextmethode ergänzt, deren Eingabedaten als Lernfortschrittskontrolle sofort ausgewertet werden und dann auch korrigiert werden können. Der TopTrain-Auswertemodul bietet sowohl dem Lernenden als auch dem Lehrenden eine Lernerfolgskontrolle über alle Lerninhalte. Damit steht dem Lehrenden neben detaillierten Auswertungen auch eine Auswerteübersicht zur Verfügung.

CNC-Drehen

Programmierung in der PAL-Befehlskodierung mit Beispielaufgaben zur Strecken- und Kreisbogenprogrammierung mit Ver rundungen und Fasen, Schneidradiuskompensation und Bearbeitungszyklen.

3. 3. Kreis- bzw. Zirkularinterpolation

Der modale Befehl **G2** bewirkt eine kreisförmige Verfahrbewegung des Werkzeuges im Uhrzeigersinn bzw. **G3** entgegen dem Uhrzeigersinn

- von einem **Startpunkt SP** (aktuelle Werkzeugposition)
- zu einem **Zielpunkt ZP**, dessen kartesische Koordinaten in diesem Satz programmiert werden (nicht programmierte Koordinaten bleiben auf ihrem alten Wert stehen) **• Selbsthaltefunktion**
- mit dem **Radiuswert** **R** (positiv für im Uhrzeigersinn, negativ für gegen den Uhrzeigersinn) bzw. der **Werkzeugradius** **R** (positiv für im Uhrzeigersinn, negativ für gegen den Uhrzeigersinn) und der **Zunge** **B** (Drehung des Werkzeuges)

Adresse	Bedeutung
Z / ZA / ZI	Z-Koordinate des Zielpunktes
• ZA	absolute Z-Koordinate
• ZI	inkrementale Z-Koordinate (Abstand in Z-Richtung zur aktuellen Werkzeugposition)
• Z	absolute oder inkrementale Z-Koordinate (abhängig vom aktiven G90/G91)
X / XA / XI	X-Koordinate des Zielpunktes
• XA	absolute X-Koordinate
• XI	inkrementale X-Koordinate (Abstand in X-Richtung zur aktuellen Werkzeugposition)
• X	absolute oder inkrementale X-Koordinate (abhängig vom aktiven G90/G91)

3. 2. Geraden- bzw. Linearinterpolation

Aufgabe 1 - Geraden- bzw. Linearinterpolation (CNC-Programm)

Aufgabe 1: Vervollständigen Sie das untere CNC-Programm entsprechend des Arbeitsplanes der letzten Seite.

- **Werkzeug T1:** CNM 120404 PCLNL 2020 H 12 (Schruppmeißel)
- 1. Schritt: **Plandrehen**
- 2. Schritt: **Längsdrehen** (Startposition für jeden Längsschnitt bei **Z = 2 mm**)

```

N10 G54 G92 S4000 Festlegung der Nullpunktverschiebung und Drehzahlbegrenzung
N20 G96 S400 F0.3 T1 TC1 M14 Werkzeugwechsel
N30 G0 Z0 X82 zum Plandrehen positionieren
N40 G0 X-0.4 Plandrehen (Schneidradius über Maße)
N50 G0 Z2 mit Elgang (Werkzeug 2 mm abheben)
N60 X75 für den Absatz Ø 75 positionieren
N70 G1 Z-4.5 Absatz Ø 75 x 80 drehen
N80 X82 Werkzeug 1mm über Rotel abheben
N90 G0 Z2 Werkzeug im Elgang positionieren
N100 X60 Werkzeug für den Absatz Ø 60 positionieren
N110 G1 Z-4.5 Absatz Ø 60 x 43 drehen
N120 AS150 X75 Schräge 60° bis Ø 77 drehen
N130 G0 Z0 Werkzeug im Elgang positionieren
N140 X für Fase 2x45° und Absatz Ø 50 positionieren
N150 G0 X X1 Fase 2 x 45° drehen
N160 Z Absatz Ø 50 x 30 drehen
N170 X M kleiner Absatz Ø 60 mm zum größer plandrehen und Kühlmittel ausschalten
    
```

3. 1. Programmstruktur - Adressbuchstaben

Übersicht Bearbeitungszyklen Drehen (Bearbeitungsebene G18, Teil 1)

Für eine einfache Programmierung der Bearbeitung in der Standardebene G18 kann auf Zyklen zurückgegriffen werden. Es stehen die folgenden Zyklen für die Gewinde-, Kontur- und Bohrungsbearbeitung zur Verfügung:

G31	Gewindezyklus	• Schneiden von keglichen oder zylindrischen Gewinden	siehe Seite
G32	Gewindebohrzyklus	• Fertigen von Innengewinde mit einem Gewindebohrer	siehe Seite
G33	Gewindestreihgang	• Programmieren eines keglichen oder linearen Gewindestreihganges	siehe Seite
G80	Abschluss der Konturbeschreibung	• für einen der Bearbeitungszyklen G81 - G83 und G87 bzw. G84	siehe Seite
G81	achsuparalleler Langschruppzyklus	• entlang einer programmierten Kontur	siehe Seite 'G81'
G82	achsuparalleler Planschruppzyklus	• entlang einer programmierten Kontur	siehe Seite 'G81'
G83	konturparalleler Schruppzyklus	• entlang einer programmierten Kontur	siehe Seite 'G81'
G84	universeller Bohrzyklus	• mit/ohne Spanbruch und/oder Spanentleerung	siehe Seite 'G84'

TopTurn 2D-Ansicht

TopTurn 3D-Ansicht

Simulation der Aufgabe

CNC-Fräsen

Programmierung in der PAL-Befehlskodierung mit Beispielaufgaben zur Strecken- und Kreisbogenprogrammierung mit Verrundungen und Fasen, Fräserradiuskompensation und Bearbeitungszyklen.

Wenn Sie weitere Informationen zu unserem E-Learning-modul TopTrain haben möchten, können Sie sich von unserer Homepage auch eine Demoversion laden.

2. 2. Linearinterpolation - An-/Abfahrbewegungen

Programmierung einer Elgangbewegung (G0 - mit kartesischen Koordinatenangaben)

Der modale Befehl **G0** bewirkt eine Bewegung des Werkzeuges

- von einem **Startpunkt SP** (aktuelle Istposition)
- zu einem **Zielpunkt ZI**, dessen kartesische Koordinaten in diesem Satz programmiert
- mit **größtmöglicher Geschwindigkeit**

Die meisten Steuerungen besitzen für diese Bewegung eine **Elgangslogik**. Dazu werden die **gleichzeitigen Elgangbewegungen** in der Bearbeitungsebene und in der Zustellachse in zwei aufeinanderfolgende Bewegungen aufteilt:

- Elgangbewegungen in **negativer Zustellachse** werden **nach** der Elgangbewegung in der Bearbeitungsebene ausgeführt
- Elgangbewegungen in **positiver Zustellachse** werden **zuerst** ausgeführt und dann die Elgangbewegung in der Bearbeitungsebene

Adresse	Bedeutung
X / XA / XI	X-Koordinate des Zielpunktes
• XA	absolute X-Koordinate
• XI	inkrementale X-Koordinate (Abstand zur aktuellen Werkzeugposition)
• X	absolute oder inkrementale X-Koordinate (abhängig vom aktiven G90/G91)
Y / YA / YI	Y-Koordinate des Zielpunktes
• YA	absolute Y-Koordinate
• YI	inkrementale Y-Koordinate (Abstand zur aktuellen Werkzeugposition)
• Y	absolute oder inkrementale Y-Koordinate (abhängig vom aktiven G90/G91)
Z / ZA / ZI	Z-Koordinate des Zielpunktes
• ZA	absolute Z-Koordinate
• ZI	inkrementale Z-Koordinate (Abstand zur aktuellen Werkzeugposition)
• Z	absolute oder inkrementale Z-Koordinate (abhängig vom aktiven G90/G91)

2. 2. Linearinterpolation - An-/Abfahrbewegungen

Aufgabe 1: In eine Platte 100 x 100 x 20 sind entsprechend der unteren Zeichnung zwei Nuten zu fräsen. Es wird die Fräsmittelpunktsbahn programmiert.

- Bearbeitung beginnt bei Punkt 1 in Richtung der aufsteigenden Punktrunden.
- Werkzeug T2: Bohrerfräser Ø 10 (Werkzeugdurchmesser = Nutbreite)
- Frästiefe Z = -6 mm (Tiefe äußere Nut) und Z = -8 mm (Tiefe innere Nut)
- Start- und Endposition des Fräses X250; Y250; Z200 (soll im Elgang angefahren werden)

```

N10 G54
N20 G97 S4500 F150 T2 TC1 M13 Werkzeugwechsel
N30 G0 X100 Y100 Z0 über Punkt 1 positionieren
N40 G1 Z-6 Werkzeug einbringen
N50 Y100 zu Punkt 2 fräsen
N60 X100 zu Punkt 3 fräsen
N70 Y100 zu Punkt 4 fräsen
N80 X100 zu Punkt 5 fräsen
N90 Y100 zu Punkt 1 zurück fräsen
N100 G0 Z2 Werkzeug abheben
N110 X über Punkt 6 positionieren
N120 G1 Z Werkzeug abheben
N130 X Y zu Punkt 7 fräsen
N140 X Y zu Punkt 8 fräsen
N150 X Y zu Punkt 9 fräsen
N160 X Y zu Punkt 6 zurück fräsen
N170 G0 X Y Z Fräseposition anfahren
    
```

TopMill 3D-Ansicht

TopMill 2D-Ansicht

Simulation der Aufgabe

2. 5. Programmierung Fräszyklen

G72 als Rechtecktaschenzyklus (Pflichtadressen)

Der Zyklus **G72** wird beim Fräsen einer **Rechtecktasche** angewendet. Diese wird von innen nach außen konturparallel ausgeführt.

Bedeutung der Pflichtadressen	
ZA / ZI	Tiefe der Rechtecktasche in der Zustellkoordinatenachse
• ZA	absolute Tiefe (bezogen auf das Koordinatensystem)
• ZI	inkrementale Tiefe (bezogen auf die Taschenoberkante) • Angabe immer negativ!
LP	Länge der Tasche
BP	Breite der Tasche
D	maximale Zustelltiefe
V	Abstand der Sicherheitsebene (bezogen auf die Taschenoberkante)

Zusätzliche Informationen: Die Anzahl der Schritte wird durch die Zustelltiefe (D) und die maximale Zustelltiefe (V) bestimmt. Aus dieser Anzahl der Schritte wird eine mittlere Zustelltiefe ermittelt und angewendet. Damit wird das Werkzeug gleichmäßig beansprucht.

MTS Mathematisch Technische Software-Entwicklung GmbH
 Kaiserin-Augusta-Allee 101 • D-10553 Berlin
 ☎ +49 - 30 - 34 99 60-0 • Fax +49 - 30 - 34 99 60-25
 http://www.mts-cnc.com • eMail: mts@mts-cnc.com