CNC · KAPITEL 01 / 08

Was macht eine CNC?

Die Steuerung setzt ein Programm in kontrollierte Maschinenbewegungen um.

CNC bedeutet Computerized Numerical Control. Das Programm beschreibt unter anderem Bewegungen und Bearbeitungsfunktionen. Die Steuerung berechnet daraus Sollbewegungen für die Maschinenachsen. Antriebe, Wegmesssysteme, Mechanik und Maschinenfunktionen arbeiten dabei zusammen.

Die SPS innerhalb einer Werkzeugmaschine übernimmt viele Ablauf- und Hilfsfunktionen, während die CNC die numerische Bahnsteuerung verantwortet. Eine schön gezeichnete Kontur ist noch kein vollständiger sicherer Maschinenablauf.

Ein Programm benötigt Kontext: Maschinentyp, Steuerungsdialekt, Werkzeug, Nullpunkt, Werkstück und Spannung. G- und M-Befehle sind nicht über alle Steuerungen und Maschinen identisch.

Teil	Aufgabe
Programm	Beschreibt gewünschte Bewegungen und Funktionen
CNC-Steuerung	Interpretiert Befehle und berechnet Bewegungen
Antrieb / Achse	Setzt Sollbewegung mechanisch um
Wegmessung	Liefert Positionsinformation
Maschinenlogik	Koordiniert z. B. Spann-/Hilfsfunktionen

Praxisbeispiel

Ein Fräsprogramm kann geometrisch korrekt sein und trotzdem mit einer Spannpratze kollidieren. Der real verfügbare Arbeitsraum gehört zur Planung.

Typischer Fehler

Ein Programm aus dem Internet unverändert ausführen. Nullpunkte, Werkzeugdaten, Befehle und Maschinenfunktionen können abweichen.

Selbst erklären

Warum reicht ein korrekter G1-Satz allein nicht zum sicheren Bearbeiten?

Lösung: Er beschreibt nur eine Bewegung im geltenden Kontext. Werkzeug, Koordinaten, Vorschubmodus, Freiraum und Maschinenzustand müssen ebenfalls stimmen.

CNC · KAPITEL 02 / 08

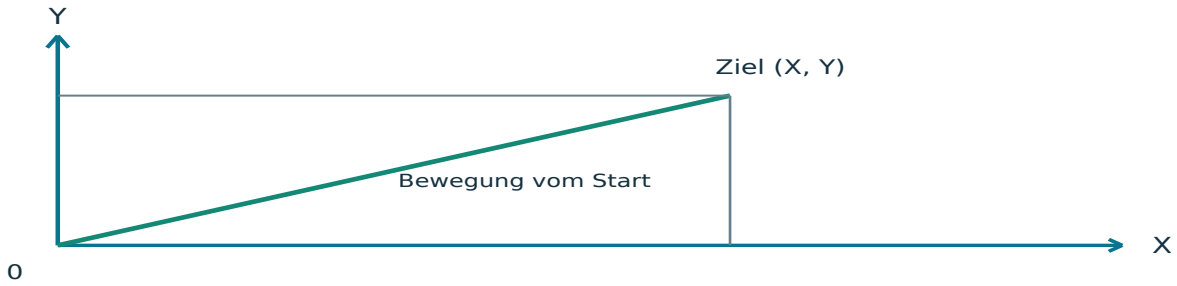
Koordinaten und Achsen verstehen

Eine Position hat nur mit einem Bezugssystem eine eindeutige Bedeutung.

Bei einer üblichen kartesischen Fräsdarstellung beschreiben X und Y die Ebene, Z die Richtung entlang der Werkzeug-/Spindelachse. Die konkrete positive Richtung und Maschinenkinematik sind an der Maschine zu prüfen. Beim Drehen kann X je nach Einstellung als Durchmesserwert interpretiert werden.

Absolut bedeutet: Die Zielkoordinate bezieht sich auf den aktiven Nullpunkt. **Inkremental** bedeutet: Angegeben wird eine Änderung gegenüber der aktuellen Position. In vielen Dialekten wählen G90 und G91 diese Modi. Die Bedeutung muss im jeweiligen System bestätigt werden.

Koordinaten sind keine fertigen Schnittwerte. Dieselbe Strecke kann im Eilgang oder mit einem Bearbeitungsvorschub gefahren werden.



Start / Angabe	Absolut gedacht	Inkremental gedacht
Start X = 10; Angabe X20	Ziel X = 20	Änderung +20 → Ziel X = 30
Danach Angabe X5	Ziel X = 5	Weitere Änderung +5
Negative Angabe	Ziel auf negativer Seite des Nullpunkts	Bewegung in negativer Richtung

Praxisbeispiel

Von X10 nach X30 beträgt der Weg +20. Absolut wird X30 angegeben; inkremental X20. Diese beiden Angaben sind nur bei diesem Startpunkt gleichwertig.

Typischer Fehler

Das Vorzeichen mit einer absoluten Maschinenrichtung verwechseln. Es gehört zum aktiven Koordinatensystem und der betreffenden Achse.

Selbst erklären

Du stehst bei X = 12. Ein inkrementaler Befehl fordert X = -5. Wo endet die Bewegung?

Lösung: Bei X = 7. Die Änderung -5 wird zur aktuellen Position 12 addiert.

CNC · KAPITEL 03 / 08

Maschinennullpunkt und Werkstücknullpunkt

Die Steuerung muss wissen, wo Programmkoordinaten im realen Arbeitsraum liegen.

Der **Maschinennullpunkt** gehört zum Maschinenkoordinatensystem. Ein **Referenzieren** stellt je nach Messsystem und Maschine einen definierten Positionsbezug her. Das ist nicht dasselbe wie das Festlegen des Werkstücknullpunkts.

Der **Werkstücknullpunkt** wird passend zu Zeichnung, Spannung und Bearbeitung definiert. Häufig stehen mehrere Werkstückkoordinatensysteme zur Verfügung, etwa G54 und weitere in gängigen Dialekten. Ihre gespeicherten Werte verschieben den Bezug zwischen Werkstück und Maschine.

Auch Werkzeuglänge und Werkzeugradius beeinflussen die tatsächliche Lage der Schneide. Ein korrekter Werkstücknullpunkt gleicht falsche Werkzeugdaten nicht aus.

Bezug / Wert	Wofür er benötigt wird
Maschinenkoordinaten	Eindeutige Position im Maschinenraum
Werkstückkoordinaten	Programmieren bezogen auf das Werkstück
Werkstückverschiebung	Verknüpft beide Bezugssysteme
Werkzeuglänge	Berücksichtigt Abstand zur Werkzeugspitze
Werkzeugradius	Berücksichtigt seitlichen Schneidenabstand

Praxisbeispiel

Bei zwei gleichen Werkstücken an unterschiedlichen Spannstellen kann dasselbe Konturprinzip mit unterschiedlichen Werkstückbezügen verwendet werden. Jede Spannstelle muss korrekt eingerichtet und geprüft sein.

Typischer Fehler

Werkzeuglängenkorrektur und Werkstück-Z-Wert gegeneinander „zurechtbiegen“, ohne die Ursache zu kennen. Dadurch wird das Programm schwer nachvollziehbar.

Selbst erklären

Warum kann eine korrekt programmierte Z-Tiefe trotzdem zu tief schneiden?

Lösung: Ein falscher Werkstückbezug, eine falsche Werkzeuglänge oder ein falscher Korrekturaufruf kann die reale Werkzeugspitze an eine andere Position führen.

CNC · KAPITEL 04 / 08

Modale Befehle: der Zustand bleibt

Viele CNC-Befehle wirken weiter, bis ein anderer Befehl sie ersetzt.

Ein **modaler** Befehl bleibt aktiv. Wird beispielsweise ein linearer Vorschubmodus gewählt, können folgende Koordinatensätze in diesem Modus ausgeführt werden, auch wenn der Befehl nicht erneut im Satz steht. Andere Befehle wirken nur für einen Satz oder eine bestimmte Aktion.

Vor dem Lesen eines Satzes musst du daher den aktiven Zustand kennen: Einheit, Ebene, Absolut/Inkremental, Vorschubmodus, Werkstückkoordinaten und Korrekturen. Gleicher Text kann bei anderem Zustand anders wirken.

Die genaue Zuordnung zu Modalgruppen und Reset-Zuständen ist steuerungsabhängig. Ein sauberer Programmstart setzt die benötigten Zustände ausdrücklich.

Befehlsfamilie, häufige Beispiele	Bedeutung
G20 / G21	Zoll / Millimeter in vielen Dialekten
G90 / G91	Absolute / inkrementale Koordinaten
G0 / G1	Eilgang / lineare Vorschubbewegung
G17 / G18 / G19	Bearbeitungsebene
G94 / G95	Vorschub pro Minute / pro Umdrehung in vielen Systemen

Praxisbeispiel

Nach G91 bleibt inkrementales Programmieren in vielen Systemen aktiv. Ein späteres X100 bedeutet dann eine Änderung um 100 und nicht automatisch die Position X100.

Typischer Fehler

Annehmen, dass ein Programm mit den Zuständen der letzten erfolgreichen Ausführung startet. Vorgeschichte und Steuerungszustand können sich unterscheiden.

Selbst erklären

Warum können einzelne herauskopierte Programmsätze gefährlich missverstanden werden?

Lösung: Weil ihnen der zuvor gesetzte modale Zustand fehlt. Für ihre Bedeutung braucht man den Kontext und den konkreten Steuerungsdialekt.

CNC · KAPITEL 05 / 08

G0, G1 und Kreisbewegungen

Schnell positionieren und kontrolliert bearbeiten sind unterschiedliche Aufgaben.

G0 bezeichnet in vielen Steuerungen eine Eilgangbewegung. Der tatsächliche Bahnverlauf bei mehreren Achsen ist nicht pauschal als sichere Gerade anzunehmen. **G1** beschreibt eine lineare Bewegung mit dem geltenden Vorschub. Freifahren und Zustellen sollten so geplant werden, dass Werkstück und Spannmittel sicher frei bleiben.

G2 / G3 beschreiben häufig Kreisbewegungen im bzw. gegen den Uhrzeigersinn in der aktiven Ebene. Neben dem Endpunkt wird eine Kreisbeschreibung benötigt, etwa über Mittelpunktangaben oder Radius. Syntax und Interpretation unterscheiden sich.

Bei Kreisbewegungen beeinflussen Ebene, Richtung, Radiuszeichen und Mittelpunktmodus das Ergebnis. Eine grafische Simulation ist besonders hilfreich, ersetzt aber nicht die Einrichtungskontrolle.

Bewegung	Ziel	Wichtige Frage
Eilgang	Position ohne beabsichtigten Schnitt erreichen	Ist der gesamte Weg frei?
Lineare Vorschubbewegung	Gerade Werkzeugbahn bearbeiten	Sind F, Werkzeug und Eingriff passend?
Kreisbewegung	Bogen/Kreis bearbeiten	Sind Ebene und Kreisdaten eindeutig?

Praxisbeispiel

Ein sicher geplanter Anfahrweg kann zunächst eine freie Z-Höhe herstellen und danach die XY-Position anfahren. Welche Reihenfolge und Höhe geeignet sind, ergibt sich aus der konkreten Aufspannung.

Typischer Fehler

Nur Endpunkte auf Kollision prüfen. Auch zwischen den Punkten kann das Werkzeug, der Halter oder die Spindel mit einem Hindernis kollidieren.

Selbst erklären

Warum darf man einen G0-Weg durch das Rohteil nicht einfach als schnellere Bearbeitung betrachten?

Lösung: Eilgang ist keine dafür abgestimmte Schnittbewegung. Werkzeug und Maschine können überlastet werden; die Bewegung muss im freigegebenen Raum liegen.

CNC · KAPITEL 06 / 08

Werkzeug und Vorschub gehören zusammen

Die Steuerung kennt nur die eingetragenen Daten - nicht automatisch das tatsächlich eingespannte Werkzeug.

Werkzeugnummer, Geometrie und Verschleißkorrektur müssen zum realen Werkzeug passen. Die Bezeichnungen und Speicherplätze unterscheiden sich je nach Steuerung. Ein Werkzeugaufruf allein garantiert nicht, dass die passende Längen- oder Radiuskorrektur aktiv ist.

Radiuskorrektur kann die Werkzeugmittelpunktbahn gegenüber einer programmierten Kontur versetzen. An- und Abfahrwege müssen zur verwendeten Korrektur passen. G41/G42 sind typische Befehle, ihre korrekte Verwendung ist jedoch steuerungsabhängig.

Drehzahl S und Vorschub F sind ohne Einheit und Modus unvollständig. Beim Fräsen können n, z und f_z zur Vorschubgeschwindigkeit führen; beim Drehen unterscheiden sich Vorschub pro Umdrehung und pro Minute.

Kontrolle	Warum sie wichtig ist
Reales Werkzeug und Nummer	Verhindert Verwechslung
Länge / Radius	Bestimmt die tatsächliche Schneidenlage
Schneidstoff und Zustand	Beeinflusst zulässige Bearbeitung
S, F und aktiver Modus	Bestimmt Schnitt- und Vorschubverhältnisse
Halter / Auskragung	Beeinflusst Kollision und Stabilität

Praxisbeispiel

Ein längeres Ersatzwerkzeug ohne aktualisierte Längendaten kann bei derselben Z-Koordinate tiefer stehen. Deshalb gehört jeder Werkzeugwechsel in den vorgesehenen Kontrollablauf.

Typischer Fehler

Eine Maßabweichung immer sofort über Werkzeugverschleiß korrigieren. Erst prüfen, ob Bezug, Werkzeugdaten, Temperatur oder Messung die Ursache sind.

Selbst erklären

Welche Information fehlt bei „F200“?

Lösung: Mindestens der geltende Vorschubmodus und die Einheit. 200 mm/min ist etwas anderes als ein Vorschub pro Umdrehung; die konkrete Interpretation folgt der Steuerung.

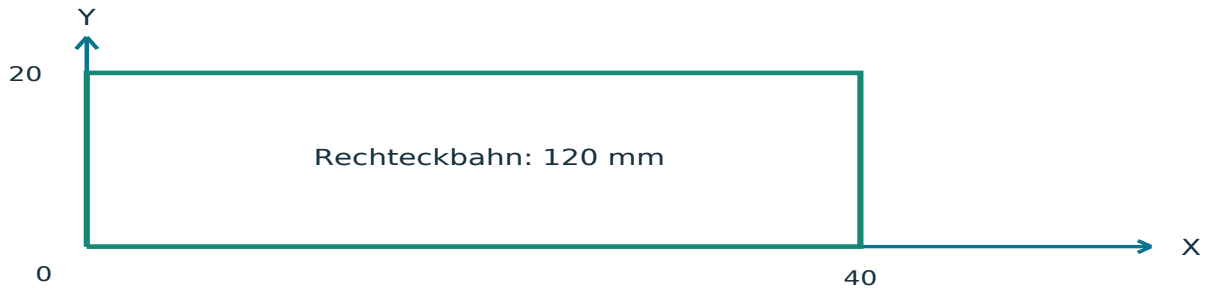
CNC · KAPITEL 07 / 08

Ein kleines Programm lesen

Dieses Beispiel verfolgt nur eine Bahn im XY-Lernmodell; es ist kein ausführbares Fertigungsprogramm.

Annahme: Das Lernmodell arbeitet in Millimetern, absolut und mit Vorschub pro Minute. Startpunkt ist X0 Y0 in einer freien Ebene. Das Werkzeug wird hier als Punkt dargestellt. Werkzeugradius, Z-Zustellung, Spindel, Aufspannung und Maschinenfunktionen sind bewusst nicht Teil dieser Geometrieübung.

In vielen Dialekten könnte die Zustandswahl G21 G90 G94 heißen. Ob diese Schreibweise in einem Satz zulässig ist und was nach einem Reset gilt, steht im Steuerungshandbuch. Die folgende Tabelle beschreibt die geometrische Wirkung unabhängig vom tatsächlichen Maschinenstart.



Geometrieübung, keine Maschinenfreigabe

Satz im Lernmodell	Zielpunkt	Bewegung
G1 X40 Y0 F200	(40, 0)	40 mm nach rechts
X40 Y20	(40, 20)	20 mm nach oben
X0 Y20	(0, 20)	40 mm nach links
X0 Y0	(0, 0)	20 mm nach unten

Praxisbeispiel

Die vier Geraden bilden ein Rechteck. Der Weg beträgt 40 + 20 + 40 + 20 = 120 mm. Bei ideal konstanten 200 mm/min wären das 0,6 min = 36 s; reale Beschleunigungen und Nebenzeiten fehlen.

Typischer Fehler

Die Modellzeit als tatsächliche Zykluszeit übernehmen oder die Tabelle an einer Maschine ausführen. Es fehlen wesentliche Einricht-, Werkzeug- und Sicherheitsangaben.

Selbst erklären

Wo endet dieselbe Folge, wenn alle X/Y-Angaben inkremental als Änderungen gelesen werden?

Lösung: Die Änderungen addieren sich: X = 40 + 40 + 0 + 0 = 80; Y = 0 + 20 + 20 + 0 = 40. Das zeigt, wie stark der Koordinatenmodus die Bedeutung verändert.

CNC · KAPITEL 08 / 08

Vor der Ausführung systematisch prüfen

Die Simulation prüft die geplante Bahn; die Einrichtung prüft die Realität.

Beginne mit der Frage, ob Programm und Maschine zusammenpassen. Prüfe Einheit, aktive Ebene, Koordinatenmodus, Nullpunkte, Werkzeuge und Korrekturen. Betrachte anschließend alle Bewegungen einschließlich Zustellung, Rückzug und Werkzeugwechselbereich.

Eine Simulation kann Konturfehler sichtbar machen. Ob Halter und Spannmittel vollständig berücksichtigt werden, hängt vom Modell ab. Ein Kollisionshinweis ist nur so gut wie die hinterlegten Geometriedaten.

Einrichten, kontrollierter Probelauf und Bearbeitungsfreigabe folgen den betrieblichen und maschinenspezifischen Abläufen. Schutzeinrichtungen bleiben wirksam; Lernbeispiele sind keine Maschinenfreigabe.

Prüfpunkt	Leitfrage
Programm	Richtige Version und richtiger Dialekt?
Bezüge	Nullpunkt und Werkzeugdaten geprüft?
Werkstück	Rohteil, Lage und Spannung passend?
Bahn	Auch Halter, Spindel und Spannmittel frei?
Parameter	Schnittwerte, Einheiten und Modi passend?
Erstteil	Welche Merkmale werden wann geprüft?

Praxisbeispiel

Nach einem Programmwechsel wird die richtige Datei angezeigt, aber ein alter Werkstückbezug ist noch aktiv. Eine vollständige Startkontrolle erkennt diese Kombination, bevor ein Teil beschädigt wird.

Typischer Fehler

„Das Programm lief gestern“ als Ersatz für Prüfung verwenden. Werkzeug, Aufspannung, Daten oder Rohmaterial können inzwischen anders sein.

Selbst erklären

Warum ist das erste Gutteil noch kein Beweis für eine dauerhaft stabile Serie?

Lösung: Werkzeugverschleiß, Wärmegang, Streuung und Spannbedingungen wirken im Verlauf. Deshalb braucht es geeignete Folgeprüfungen und Reaktionsregeln.

Dein Lernweg

Vom Koordinatensystem bis zur geprüften Werkzeugbahn: Verstehe Befehle im Zusammenhang, bevor du ein Programm ausführst.

Kapitel	Thema
01	Was macht eine CNC?
02	Koordinaten und Achsen verstehen
03	Maschinennullpunkt und Werkstücknullpunkt
04	Modale Befehle: der Zustand bleibt
05	G0, G1 und Kreisbewegungen
06	Werkzeug und Vorschub gehören zusammen
07	Ein kleines Programm lesen
08	Vor der Ausführung systematisch prüfen

Wissen in die Werkstatt übertragen

Wähle ein reales Bauteil oder eine Aufgabe aus deinem Alltag. Erkläre die passenden Begriffe in eigenen Worten, begründe die Verfahrens- oder Werkstoffwahl und notiere, welche Angaben du vor einer praktischen Umsetzung noch benötigst. Vergleiche deine Begründung mit den Beispielen und Lösungen im Heft.

Online weiterlernen

Auf LehrLynx findest du dieselben Kapitel unter „Lernhefte“. Jedes Thema ist einzeln anwählbar und über die Suche auffindbar. Unter „Rechner“ und „Interaktiv“ kannst du Zusammenhänge selbst ausprobieren.