HANSER

CAD/CAM mit Pro/Engineer

Bernd Rosemann, Daniel Landenberger,
Stefan Freiberger

Einstieg in die NC-Programmierung

ISBN 3-446-22902-7

Leseprobe

Weitere Informationen oder Bestellungen unter
http://www.hanser.de/3-446-22902-7 sowie im Buchhandel

2 Grundlagen

Dieses Kapitel erläutert die wesentlichen Vorraussetzungen und Grundbegriffe der NC-Programmierung. Es führt in das grundsätzliche Vorgehen sowie in die wichtigsten Elemente der Benutzungsumgebung ein. Darüber hinaus werden wichtige Voreinstellungen erklärt, die mit Pro/NC die Arbeit erleichtern können.

2.1 Einführung und Grundbegriffe

Das Programmiersystem Pro/NC besteht aus einer Reihe optionaler Module, die im Rahmen verschiedener Lizenzmodelle vertrieben werden und miteinander kombiniert werden können.

Tabelle 2.1: Lizenzmodule des NC-Systems Pro/NC [10].

Lizenzmodul	Funktionsumfang
Pro/NC-MILL	2.5-Achsen-Fräsen mit Positionieren 3-Achsen-Fräsen und -Bohren mit Positionieren
Pro/NC-TURN	2-Achsen-Drehen und -Bohren 4-Achsen-Drehen und -Bohren
Pro/NC-WEDM	NC-Folgen für 2- und 4-Achsen-Drahterodieren
Pro/NC-ADVANCED	2.5- bis 5-Achsen-Fräsen und -Bohren 2- und 4-Achsen-Drehen und -Bohren NC-Folgen für Drehen, Fräsen und Bohren auf Fräs/Dreh-Maschinen NC-Folgen für 2- und 4-Achsen-Drahterodieren

Die Vorgehensweise sowie grundlegende Begriffe zur Benutzung der Module von Pro/NC sind im Folgenden dargestellt.

2.1.1 Vorgehen bei der NC-Programmierung

Mit der Software Pro/NC können die Daten erzeugt werden, welche für die Steuerung von NC-Werkzeugmaschinen notwendig sind, um darauf Pro/Engineer-Teile oder -Baugruppen zu bearbeiten. Pro/NC stellt für diesen Zweck Funktionen bereit, die es erlauben, methodisch strukturiert Konstruktionsmodelle aufzubereiten und damit die Steuerungsinformationen für die jeweilige Maschine zu erzeugen. Die Steuerungsinformationen werden in einer ASCII-Datei abgelegt, wobei das neutrale CLDATA-Format [6] genutzt. wird. Diese maschinenneutralen Steuerungsinformationen können wiederum mit Hilfe spezieller Post-Prozessoren in die NC-Bearbeitungsdateien konvertiert werden. Mit diesem abschließenden Schritt erfolgt die maschinenspezifische Anpassung an die zu verwendende Werkzeugmaschine.

Dieser Arbeitsablauf ist in Bild 2.1 zusammengefasst. Die innerhalb des Programms Pro/NC durchzuführenden Schritte sind durch den mittleren Rahmen zusammengefasst.

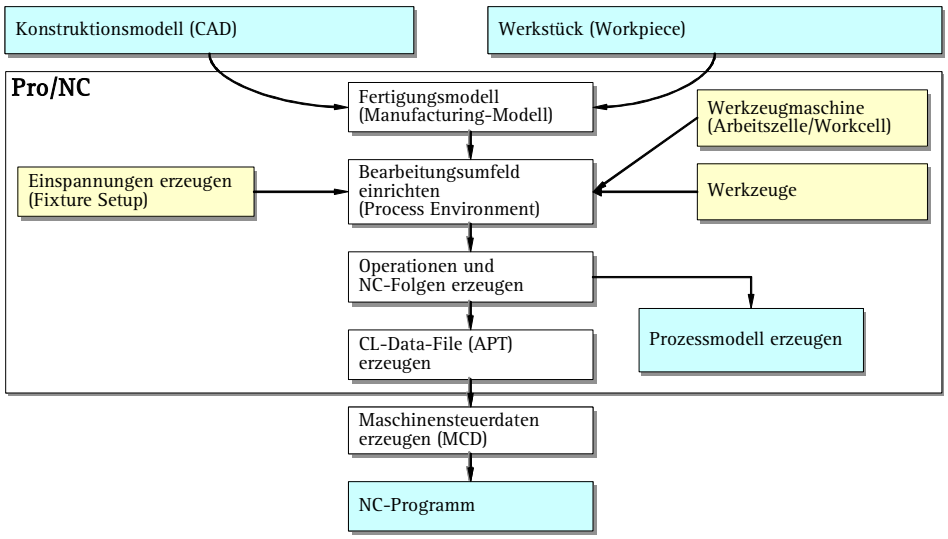


Bild 2.1: Arbeitsablauf bei der Nutzung von Pro/NC.

Ausgehend vom Pro/Engineer Konstruktionsmodell und dem ebenfalls mit Pro/Engineer modellierten Werkstück, welche zusammen das Fertigungsmodell bzw. das zu zerspanende Volumen beschreiben, werden nach der Beschreibung des Bearbeitungsumfeldes, d.h. der Art der Werkzeugmaschine, der Werkzeuge sowie der gewünschten Aufspannung, die Bearbeitungsschritte und Werkzeugbewegungen programmiert. Das System bereitet aus diesen Informationen die Steuerungsinformationen für die spätere Bearbeitung auf der Werkzeugmaschine auf.

2.1.2 Grundbegriffe

Als Ausgangsbasis für das Arbeiten in Pro/NC dient das Pro/Engineer -Konstruktionsmodell, welches das zu fertigende Produkt abbildet. Dieses Konstruktionsmodell dient als Basis aller Operationen zur Erzeugung der Daten, die notwendig sind, um eine NC-Werkzeugmaschine bei der Bearbeitung des Teiles zu steuern. Die im Konstruktionsmodell enthaltenen Konstruktionselemente, Flächen und Kanten werden als Referenz für die Werkzeugwege verwendet. Durch dieses Referenzieren der geometrischen Elemente wird eine parametrische Beziehung zwischen dem Konstruktionsmodell und dem Werkstück beschrieben, um bei einer Änderung des Konstruktionsmodells auch die darauf referenzierenden NC-Bearbeitungsoperationen zu aktualisieren. Als Konstruktionsmodell können Bauteile, Baugruppen und Blechteile aus Pro/Engineer genutzt werden.

Das Werkstück stellt das Konstruktionsmodell des zu bearbeitenden Rohmaterialvolumens dar und repräsentiert jede Form von zu bearbeitenden Volumen. Dieses Rohvolumen ist bei fertigungsorientiertem Modellieren oft sehr einfach durch

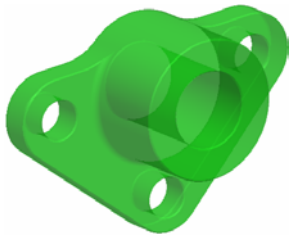
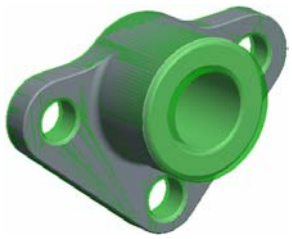
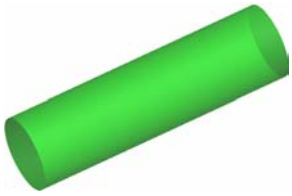
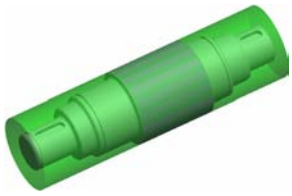
Änderung des Werkstückes, d.h. durch Löschen von Konstruktionselementen, Vergrößern von Abmaßen etc., ableitbar.

Hinweis
Für die Programmierung der Werkzeugwege in Pro/NC ist die Verwendung eines Werkstückes nicht vorgeschrieben. Es veranschaulicht jedoch den Programmierfortschritt durch Simulation und Visualisierung der Materialentfernung sowie der Prozessdokumentation. Weiterhin wird es zur Durchführung der Hinterschnittkontrolle mit dem Modul Pro/NC-Check benötigt.

2.1.2.1 Das Fertigungsmodell

Ein Fertigungsmodell oder Bearbeitungsmodell von Pro/NC besteht aus dem Konstruktionsmodell des Fertigteils und einem Werkstück. Das Konstruktionsmodell wird auch als Referenzmodell oder Referenzteil bezeichnet, da es die Basis für die Definition der Werkzeugbewegung bildet.

Tabelle 2.2: Zusammenhang zwischen Referenzmodell, Werkstück und Fertigungsmodell an den Beispielen eines zu fräsenden Guss- sowie eines Drehteiles.

Referenzmodell	Werkstück	Fertigungsmodell
Das Referenzmodell entspricht der Geometrie des zu fertigenden Teiles.	Das Werkstück entspricht dem Volumen des zu bearbeitenden Rohteils, enthält also die Bearbeitungszugaben.	Das zu spanende Volumen wird aus der Differenz von Werkstück und Referenzmodell gebildet.
		
		

Referenzmodell und Werkstück bilden zusammen das Bearbeitungsmodell und als Differenz das zu zerspanende Volumen. Im Zuge der Beschreibung der verschiedenen Bearbeitungsschritte entsteht durch den Materialabtrag schrittweise aus dem

Werkstück die Geometrie des Referenzteiles, was durch die Simulation mit Hilfe der Materialentfernung visualisiert werden kann.

Die Zusammenhänge zwischen Referenzteil, Werkstück und Fertigungsmodell sind in der Tabelle 2.2 dargestellt, wobei die bearbeitenden Flächen im Referenzmodell gegenüber dem Rohmaterial hell eingefärbt sind.

2.1.2.2 Das Bearbeitungsumfeld

Das Fertigungsmodell kann neben den obligatorischen Maschinen- und Werkzeugdaten um zusätzliche Elemente, wie Spannmittel oder Spannhilfsmittel, ergänzt werden, um das Bearbeitungsumfeld (Process Environment) bzw. den Arbeitsraum abzubilden und die Kontrolle der Werkzeugwege in Zusammenhang mit diesen Elementen zu ermöglichen.

Für die Beschreibung der Fertigungsverfahren bzw. der Werkzeugmaschine wird in Pro/NC der Begriff der Arbeitszelle verwendet. Sie umfasst neben einem Namen zur Identifikation Informationen zu Typ und Anzahl der Achsen, Angaben zum möglichen Verfahrweg und der Werkzeugkorrektur, verschiedene Parameter zur Steuerung der Ausgabe für den Postprozessor sowie die Beschreibung der auf der Maschine verwendeten Werkzeuge.

Bauteil	Werkzeugmaschine	Beispielhafte Verfahrensinformation
Das Referenzmodell entspricht der Geometrie des zu fertigenden Teiles.	Die für die Fertigung einzusetzende Werkzeugmaschine.	Notwendige Daten zur Beschreibung des Fertigungsverfahrens / der Arbeitszelle.
	Fräszentrum: 	Name: DMU 50 eVo Maschinentyp: Fräsen Anzahl der Achsen: 5 Max. Drehzahl: 18.000 1/min Antriebsleistung: 35 kW x-Achse: 500 mm y-Achse: 420 mm z-Achse: 380 mm Vorschub: 20.000 mm/min Eilgang: 50 m/min
	Dreh-/Fräszentrum: 	Name: CTX 310 Maschinentyp: Fräsen/Drehen Anzahl der Achsen: 5 Drehzahl: 20 - 6.000 1/min Antriebsleistung: 16 kW x-Achse: 246 mm z-Achse: 445 mm

Tabelle 2.3: Zur späteren Transformation der programmierten Werkzeugwege in das Maschinenkoordinatensystem werden Informationen zur Art der eingesetzten Fertigungsverfahren / Werkzeugmaschinen (Arbeitszelle) benötigt.

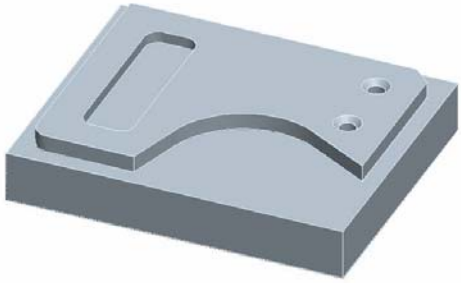
3 Fräsen

Im vorangegangen Kapitel wurden die wichtigsten Grundlagen für die Arbeit mit Pro/NC dargestellt. In diesem Kapitel soll die Programmierung einer Fräsbearbeitung schrittweise erläutert werden. Der erste Schritt ist die Geometriedefinition (Definition des Fertigungsmodells), welche aus der Werkstückgeometrie und dem Rohteil besteht. Danach folgt die Technologiedefinition, in der die Eigenschaften der Maschine, die Art der Aufspannung und die zu verwendenden Werkzeuge beschrieben werden. Anschließend sind die Bearbeitungsstrategie sowie die einzelnen Bearbeitungsgeometrien festzulegen. Mit Hilfe dieser nun festgelegten Informationen werden die Bearbeitungssequenzen für die Fräsoperation programmiert.

3.1 Definition des Fertigungsmodells (Geometriedefinition)

Für die Definition des Fertigungsmodells wird ein Referenzmodell benötigt, welches die Geometrie des Fertigteiles beschreibt. Durch Überlagerung mit dem Werkstückmodell, das den Abmaßen des Rohteiles entspricht, ist das Fertigungsmodell definiert. Die beiden Bauteile werden so zueinander platziert, dass die Differenz der beiden Bauteile dem zu zerspannenden Material entspricht. Nach der Bearbeitung entsteht die Geometrie des Referenzteils, welche beispielhaft im Bild 3.1 dargestellt ist.

Bild 3.1: Referenzmodell für die Definition des Fertigungsmodells.



3.1.1 Referenzgeometrie (Design Model)

Menüfolge (Menü-Manager) zum Einbau des Referenzteils:
- MFG-Modell
- Einbauen

Der erste Schritt zur Geometriedefinition ist der Einbau des Referenzteils. Dieser erfolgt in Pro/NC mit Hilfe des Menü-Managers, der sich gemäß Standardeinstellung auf der rechten Seite des Bildschirmes befindet. Durch Wahl des Menüeintrages *MFG-Modell* erhält man das Untermenü *MFG MDL*. Die Auswahl *Einbauen*, führt zu einem weiteren Untermenü mit den Optionen zur Erzeugung des Fertigungsmodells (vgl. Bild 3.2).

Zur Definition von Referenzteil (Referenzmodell) und Werkstück bietet Pro/NC zu Beginn die in der folgenden Aufzählung dargestellten Möglichkeiten. Im Weiteren wird anstelle des praxisorientierten Begriffs Referenzteil der Begriff Referenzmodell verwendet, da dieser in der Benutzungsoberfläche von Pro/NC Verwendung findet.

- **Referenzmodell**: Mit diesem Befehl wird das Referenzteil (.prt) oder eine Referenzbaugruppe (.asm) eingefügt. Das einzelne Bauteil oder alle Komponenten der Baugruppe werden vom System als Referenzbauteile klassifiziert.
- **Werkstück**: Der Befehl dient zur Selektion und Positionierung des Rohteiles in Bezug auf das Referenzmodell. Als Werkstück kann ein Bauteil oder eine Baugruppe verwendet werden. Das einzelne Teil oder alle Komponenten der Baugruppe werden vom System als Werkstück klassifiziert.
- **MFG-Baugruppe**: Dieser Befehl erlaubt das Hinzufügen eines bereits modellierten Fertigungsmodells. Die darin festgelegte Klassifikation der Komponenten als Referenzmodelle bzw. Werkstücke bleiben erhalten.
- **AllgBaugruppe**: Mit dieser Auswahl kann eine allgemeine Baugruppe eingefügt werden, wobei nachfolgend die enthaltenen Teile oder Baugruppen als Werkstücke bzw. als Referenzmodelle zu klassifizieren sind.

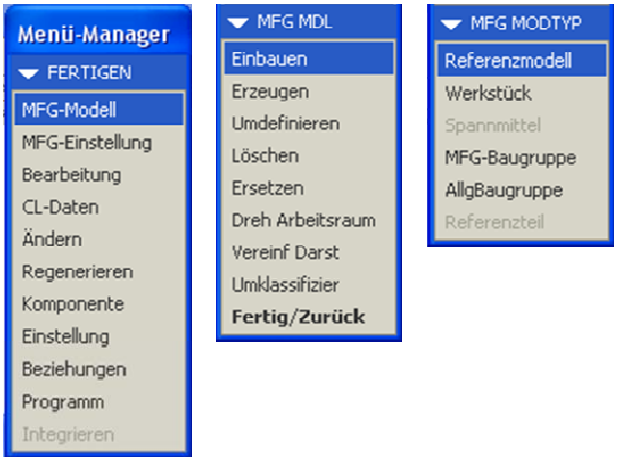


Bild 3.2: Menü-Manager zur Definition des Fertigungsmodells.

Der Einbau eines Referenzmodells geschieht wie folgt: Nach Anklicken der Menüauswahl *Referenzmodell* wird ein Auswahlfenster geöffnet, welches den Inhalt des aktuellen Arbeitsverzeichnisses darstellt und die Auswahl eines Bauteiles (.prt) oder einer Baugruppe (.asm) als Referenzmodell erlaubt. Das gewählte Modell wird geladen und kann in Bezug auf das Systemkoordinatensystem positioniert werden.

Menüfolge (Menü-Manager zum Einbau des Referenzteils:
- MFG-Modell
- Einbauen
- Referenzmodell

3.1.2 Werkstückgeometrie (Workpiece)

Nachdem das Referenzmodell eingefügt wurde, ist das Werkstück in die Bearbeitungsbaugruppe einzubauen, wofür zwei Möglichkeiten bestehen: die Verwendung eines vorher erzeugten Bauteils als Werkstück oder die Konstruktion des Werkstückes als Volumenkörper.

Einbau eines Werkstückes

Menüfolge (Menü-Manager) zum Einbau des Werkstückes:

- MFG-Modell
- Einbauen
- Werkstück

Um ein Werkstück zu einem Fertigungsmodell hinzuzufügen, muss im Menü-Manager der Eintrag *Werkstück* gewählt werden. Hier erscheint ebenfalls das Fenster *Öffnen*, mit dem ein Teil oder eine Baugruppe als Werkstück geladen werden kann. Nach Laden des Werkstückes wird dieses zur Positionierung (vgl. Bild 3.3) am Bildschirm dargestellt.

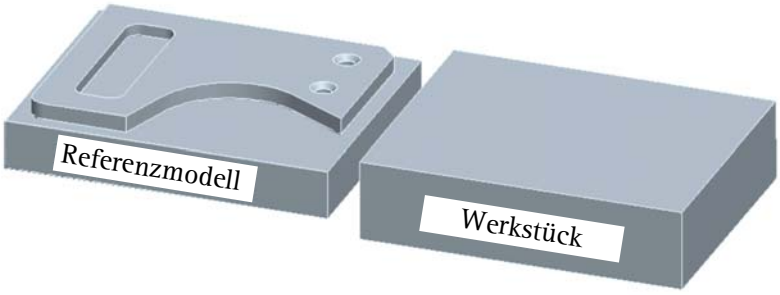


Bild 3.3: Festlegung des Fertigungsmodells durch Positionierung des Werkstückes in Bezug auf das Referenzmodell.

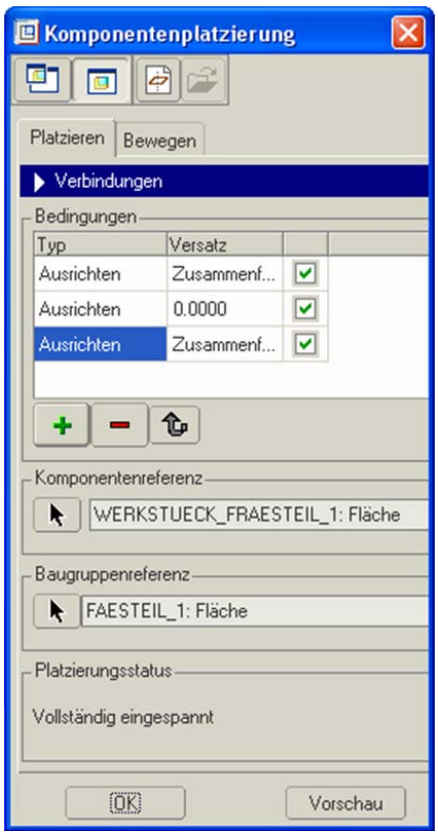


Bild 3.4: Fenster *Komponentenplatzierung* zur Festlegung der Werkstückanordnung in Bezug auf das zu fertigende Bauteil.

Zur exakten Ausrichtung des Werkstückes in Bezug auf das Referenzmodell (Fertigteil) wird das Dialogfenster *Komponentenplatzierung* gemäß (Bild 3.4) dargestellt.

Für die Ausrichtung und Platzierung des Werkstückes stellt das System die aus Pro/Engineer 2001 bekannten Platzierungsbedingungen Ausrichten, Gegenrichten, Einfügen, Tangential, Koordinatensystem, Punkt auf Fläche, Punkt auf Linie, Kante auf Fläche sowie Automatisch mit den verschiedenen Versatztypen bereit. Nach der Platzierung wird das Referenzmodell vom Werkstück überlagert (Bild 3.5).

Zur Verbesserung der Sichtbarkeit des nach der Platzierung des Werkstückes meist verdeckten Referenzmodells wird das Werkstück per Voreinstellung transparent visualisiert. Diese Darstellung kann mit Hilfe des Dialoges *Farbe und Effekte*, der über das Menü *Ansicht* erreichbar ist, verändert werden. Der daraufhin erscheinende *Farbeffekte-Editor* ermöglicht es, die Einstellung der Transparenz anzupassen. Für eine gute Übersicht bietet sich eine Transparenzeinstellung von 50 % an.

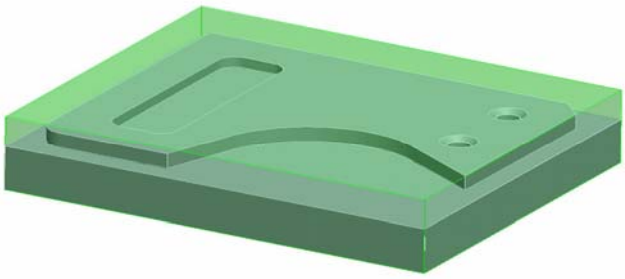


Bild 3.5: Fertigungsmodell, bestehend aus Referenzbauteil und Werkstückrohteil.

Die Methode, fertige Werkstücke in die Bearbeitungsbaugruppe einzubauen, erhöht insbesondere bei komplizierten Bauteilen die Übersichtlichkeit, verbessert beim Arbeiten mit der Materialentfernung die Kontrolle der Programmierarbeit und dient damit der Erhöhung der Arbeitsqualität.

Erzeugung eines Werkstückes

Die zweite Möglichkeit der Definition eines Werkstückes ist neben dem Einbau eines vorhandenen Modells die Erzeugung eines neuen Werkstückes. Die Menüfolge *MFG-Modell*, *Erzeugen* und *Werkstück* erlaubt die Erzeugung eines Volumenkörpers entsprechend der Vorgehensweise von Pro/Engineer 2001. Anhand der Erzeugung eines *Volumenkörpers* über den Befehl *Profil* wird diese Applikation beispielhaft erläutert. Nach Bestätigung mit *Fertig* leitet das Programm in die bekannte Erzeugungsansicht des Werkzeuges *Extrudieren* ein und das Material kann wie aus Pro/Engineer bekannt erzeugt werden. Als Ergebnis erhält man ebenfalls das Werkstück, innerhalb dessen sich das Referenzteil befindet.

Menüfolge (Menü-Manager) zum Erzeugen eines Werkstückes:

- MFG-Modell
- Erzeugen
- Werkstück

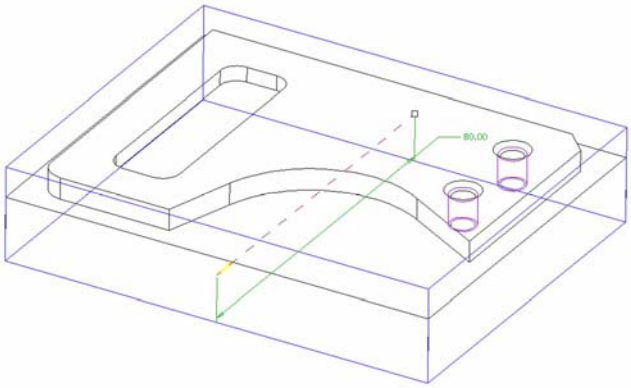


Bild 3.6: Mit Hilfe des Extrudieren-Werkzeuges erzeugtes Werkstückrohteil.

4.3.6.4 Übung

Bitte nehmen Sie sich einige Minuten Zeit und bearbeiten Sie zur Eigenkontrolle und Vertiefung die unten aufgeführte Übung.

Aufgabenblatt 4.5

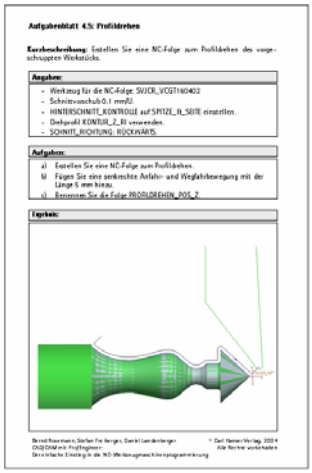
Erstellen Sie eine NC-Folge zum Profildrehen des vorgeschruppten Werkstückes.

a) Erstellen Sie eine NC-Folge zum Profildrehen.

b) Fügen Sie eine senkrechte Anfahr- und Wegfahrbewegung mit der Länge 5 mm hinzu.

c) Benennen Sie die Folge PROFILDREHEN_POS_Z.

Lösung: http://www.downloads.hanser.de
Dauer: 30 min



Übung 4.5: Profildrehen.

4.3.6.5 Abstechen und Einstechdrehen

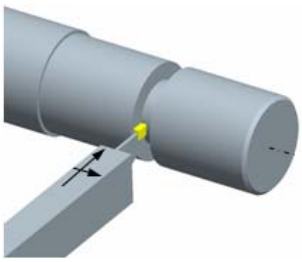
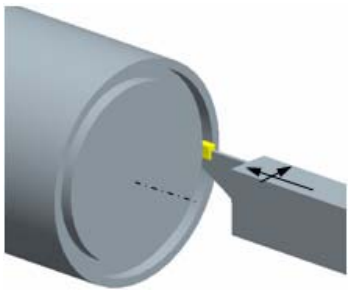
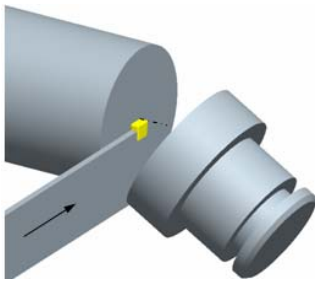
Beim Einstechdrehen generiert Pro/NC - ebenso wie beim Bereichsdrehen - aus den geometrischen Angaben zum Drehprofil, zum Rohmaterial (Werkstück oder Materialbegrenzung), zum Werkzeug und den Schnittparametern automatisch den Werkzeugweg. Im Unterschied zum Bereichsdrehen werden beim Einstechdrehen doppelschneidige Werkzeuge eingesetzt, mit denen sich Nuten fertigen lassen. Dabei ist die Vorschubrichtung stets senkrecht zum Boden des Einstichs. Ist die Nut breiter als das Werkzeug, erfolgt die Zerspanung in mehreren Schritten paralleler Schnittbewegungen.

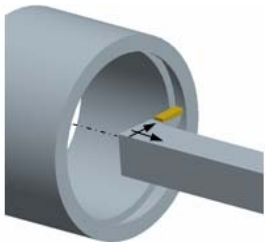
Die Bearbeitungsart Einstechdrehen wird im Wesentlichen für die in der folgenden Tabelle 4.5 beschriebenen Drehverfahren verwendet ([1], [2]):

Menüfolge (Menü-Manager) zur Erzeugung einer NC-Folge zum Einstechdrehen:

- Bearbeiten
- NC-Folge
- Neue Folge
- bei Dreh/Fräszentren: Drehen
- Einstechen
- Fertig

Tabelle 4.5: Drehverfahren beim Einstechdrehen

Verfahren	Merkmale
(Außen-) Quer-Einstechdrehen 	Herstellung einer Nut an der Umfangsfläche des Werkstückes
(Außen-) Längs-Einstechdrehen 	Herstellung einer Nut an der Stirnfläche des Werkstückes mit Vorschub parallel zur Drehachse
Abstechen 	Trennen des Werkstückes vom Stangenmaterial

Verfahren	Merkmale
Innen-Quer-Einstechdrehen 	Herstellen einer Nut an der Innen-Fläche eines Rohres

Die grundsätzliche Vorgehensweise zum Erstellen einer NC-Folge zum Einstechen ist mit der beim Bereichsdrehen nahezu identisch. Es müssen zunächst allgemeine Folgeneinstellungen festgelegt werden, soweit diese nicht vollständig in der Anwenderumgebung (z.B. Parameter) und über vorige Folgen (z.B. Werkzeuge) definiert sind. Nach den Folgeneinstellungen wird das Fenster *Anpassen* geöffnet. Hier stehen die gleichen Optionen zur Erstellung der Werkzeugbewegungen wie beim Bereichsdrehen zur Verfügung. Für das Einstechdrehen sollte die voreingestellte Funktion *AutomSchnitt* genutzt werden, da mit dieser automatisch der Werkzeugweg innerhalb des Werkstückes bzw. der Materialberandung und abhängig vom Drehprofil generiert wird. Die Erzeugung und Auswahl eines Drehprofils ist in Kapitel 4.3.4 und 4.3.6.1 beschrieben.

Nach der Auswahl oder Erzeugung des Drehprofils öffnet sich das Menü *INT SCHNITT*, in dem wie beim Bereichsdrehen die Schnittverlängerungen angegeben werden müssen. Die Schnittverlängerungen sind so zu wählen, dass sie von den Eckpunkten des Drehprofils in Richtung des kürzesten Wegs zur Werkstückberandung zeigen, wie das am Beispiel Quer-Einstechdrehen in Bild 4.74 gezeigt ist.

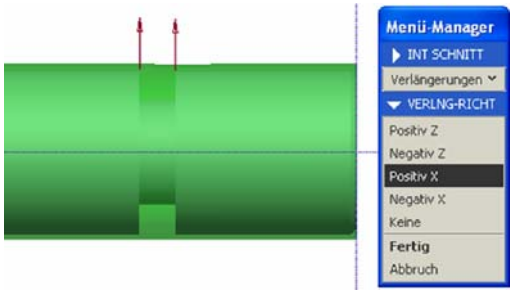


Bild 4.74: Schnittverlängerungen beim Einstechdrehen.

Nach der Festlegung der Schnittverlängerungsrichtungen stehen im Menü *INT SCHNITT* die auch beim Bereichsdrehen verfügbaren Optionen zur Veränderung oder Bestimmung der Materialberandung, der Schnittverlängerung, der Enden oder Ecken des Drehprofils, des Aufmaßes und der Parameter zur Auswahl. Mit dem Befehl *Schnitt Fertig* werden die von Pro/NC generierten Werkzeugbewegungen über-

5 Bearbeitungssimulation und Post-Processing

In diesem Kapitel wird die Vorgehensweise erläutert, mit der die aufbauend auf den Inhalten von Kapitel 3 - Fräsen - und Kapitel 4 - Drehen - maschinenneutral erstellten Fertigungsprogramme mit Hilfe der Bearbeitungssimulation bereits während der Programmierung verifiziert werden können und danach durch das Post-Processing für die zu nutzende Maschine aufbereitet werden.

5.1 Bearbeitungssimulation

Die Bearbeitungssimulation dient der Fehlererkennung hinsichtlich der programmierten Fertigungsfolgen, um fehlerhaft gespannte Geometrie, Konturverletzungen oder Kollisionen etc. zu erkennen. Dabei sind zwei Arten der Bearbeitungssimulation unterscheidbar.

Die statische Simulation dient der Visualisierung des abzutragenden Werkstoffes und erlaubt damit im Sinne eines Schnappschusses die Darstellung der Änderung am Werkstück nach einem Spanvorgang.

Die dynamische Simulation zeigt hingegen die Bewegung des Werkzeuges während des Spanvorganges. Dies erlaubt dadurch die Darstellung und visuelle Kontrolle des Werkzeugweges und den tatsächlich erzielten Abtrag des Werkstoffes. Mit Hilfe dieser dynamischen Simulation der Bearbeitung kann vor oder nach der Erzeugung des maschinenspezifischen Steuerungsprogramms das Programmierergebnis kontrolliert und gegebenenfalls korrigiert werden. Dabei dient als Wegbeschreibung entweder die CLDATA-Beschreibung (s.a. Abschnitt 5.2.1) oder das bereits in Form von Maschinensteuerdaten maschinenspezifisch übersetzt vorliegende NC-Programm (s.a. Abschnitt 5.2.2).

5.1.1 Statische Simulation mit der Materialentfernung

Die statische Simulation dient der reinen Darstellung des durch einen Fertigungsschritt oder eine Fertigungsfolge abzutragenden Werkstoffes. Sie erleichtert die Programmierarbeit, indem mit dieser Funktion der Sollzustand des Werkstückes nach dem Spanvorgang wiedergegeben wird. Allerdings ist diese Funktion nicht dazu geeignet, ungewollte Kollisionen des Werkzeuges mit dem Werkstück, beispielsweise Eilgangsverletzungen bei Verfahrbewegungen von und zur Rückzugsebene, zu visualisieren.

Für die Repräsentation wird je nach Art des Fertigungsmodells ein Baugruppen- oder Werkstück-Konstruktionselement aus Pro/Engineer verwendet. Dieses kann automatisch oder manuell erzeugt werden. Hierbei ist für die Kontrolle des von Pro/NC für die Erzeugung des Werkzeugweges genutzten Spanvolumens die Verwendung der automatischen Materialentfernung geboten. Diese generiert automatisch das abgetragene Material aus den geometrischen Referenzen, die bei der Programmierung des Werkzeugweges angegeben wurden. Die potenzielle Fehlerquelle

der manuellen Erzeugung ist damit ausgeschlossen. Allerdings schlägt die automatische Erzeugung in einigen wenigen Fällen fehl, was dann die Nutzung der manuellen Funktionalität notwendig macht. In diesen Fall ist der Materialabtrag mit einem Konstruktionselement Materialabtrag zu erzeugen. Pro/NC erlaubt bei dieser Funktion den Sichtbarkeitsgrad anzugeben. Dieser beschreibt, auf welcher Ebene (Teil, Unterbaugruppe, Baugruppe, oberste Ebene) das Konstruktionselement sichtbar werden soll.

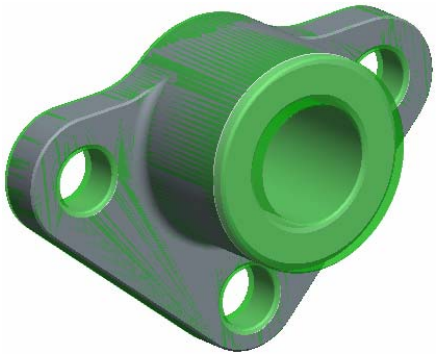
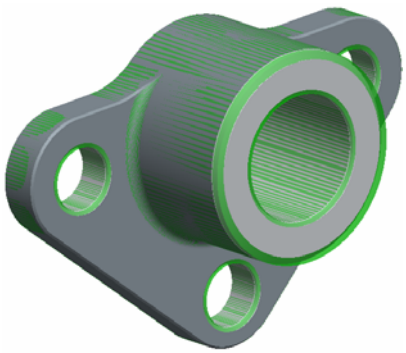
Rohteil	Werkstück nach Anwendung der Materialentfernung
Ausgangswerkstück, bevor die Stirnfläche des Lagerflansches gespant wurde.	Werkstück, nachdem alle Stirnflächen und Bohrungen des Lagerflansches gespant und die Materialentfernung angewandt wurde.
	

Tabelle 5.1: Statische Simulation der Materialentfernung am Beispiel der Fräsbearbeitung eines Lagerflansches.

Da die Funktionalität der manuellen bzw. automatischen Materialentfernung zur jeweiligen Repräsentation der geometrischen Werkstückzustände während der einzelnen Fertigungsschritte dient, muss diese auch während der Programmierung eingesetzt werden; die Anwendung erfolgt nicht automatisch. Weil die beiden Kapitel 3 - Fräsen - und Kapitel 4 - Drehen - in sich abgeschlossene Einheiten bilden, ist dies auch der Grund, weshalb die genaue Vorgehensweise jeweils für die Fräsbearbeitung in Abschnitt 3.3.6 sowie für die Drehbearbeitung im Abschnitt 0 dargestellt ist.

5.1.2 Dynamische Simulation unter Nutzung von Pro/NC-CHECK

Mit Hilfe der dynamischen Simulation der Bearbeitung können vor oder nach der Erzeugung des maschinenspezifischen Steuerungsprogramms das Programmierergebnis kontrolliert und gegebenenfalls Fehler erkannt werden.

Für die Simulation vor der Übersetzung in das NC-Programm kann zu diesem Zweck das optionale Modul Pro/NC-CHECK genutzt werden. NC-Check visualisiert dazu die Bearbeitung mit dem Werkzeug am Bildschirm, beruhend auf der CLDATA-

Beschreibung. Auf diese Art der neutralen Beschreibung wird in Abschnitt 5.2.1 genauer eingegangen.

Hinweis

Mit der Konfigurationsoption nccheck_type wird das von Pro/NC standardmäßig verwendete Modul für die dynamische Simulation der Materialentfernung festgelegt (s.a. Anhang A. Konfigurationsoptionen). Die Konfigurationswerte können dabei folgende Inhalte annehmen:

nccheck: Verwendung von Pro/NC-CHECK

vericut: Verwendung von VERICUT™ von CGTECH

Wird die Konfigurationsoption *nccheck_type* nicht festgelegt, wird von Pro/NC per Vorgabe der Wert auf *vericut* gesetzt, falls das Modul bei der Installation angewählt wurde. Im anderen Fall wird *nccheck* genutzt.

Die Simulation des Werkstoffabtrages dient dabei im Gegensatz zur Materialentfernung ausschließlich Darstellungszwecken – es wird kein Materialabtrag im Prozessmodell erzeugt! Dagegen berücksichtigt Pro/NC-CHECK stets den tatsächlichen Werkzeugweg sowie die vorliegende Werkzeugform, weshalb die nach dem Werkzeuglauf verbleibenden Unebenheiten am Werkstück dargestellt werden.

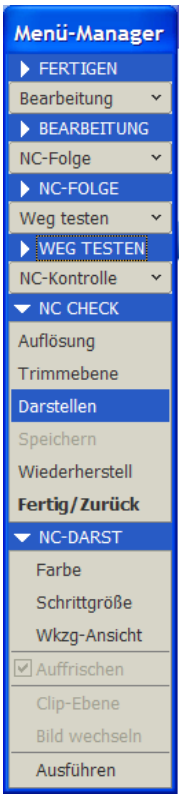


Bild 5.1: Menü-Manager zum Aufruf der NC-Check-Funktionalität sowie zu deren Voreinstellung.

Wurden im Prozessmodell Volumenwerkzeuge eingesetzt, so werden diese in NC-Check durch das Standardmodell des entsprechenden Werkzeugtyps ersetzt und die Werkzeuggeometrie entsprechend der vorgegebenen Parameter verwendet. Im Fall der Verwendung skizzierter Werkzeuge für das Leitkurvenfräsen und Leitkurvendrehen geschieht die Darstellung entsprechend der Werkzeugskizze. Allerdings kann die NC-Kontrolle nicht für Scheibenfräswerkzeuge durchgeführt werden [10].

5.1.2.1 Durchführung von Pro/NC-Check

Für die Ausführung von NC-Check sind drei Verfahrensweisen möglich:

- Zum Zeitpunkt der Erzeugung einer NC-Folge
- Nach Erzeugung von NC-Folgen
- Beim nachträglichen Editieren von CLDATA-Befehlen.

Menüfolge zur Kontrolle von NC-Folgen während der Erzeugung:
- NC-Folge
- Weg testen
- NC-Kontrolle
- Darstellen
- Ausführen

NC-Kontrolle während der Erzeugung von NC-Folgen

Während der Erzeugung von NC-Folgen können die aktuellen Werkzeugwege der NC-Kontrolle unterzogen werden. Die Funktionalität wird mit der Befehlsfolge *Weg testen, NC-Kontrolle, Darstellen* und *Ausführen* des bereits während der NC-Folgenerstellung geöffneten Menü-Managers *NC-Folge* gestartet (Bild 5.1).

Nach Betätigen des Befehls *Ausführen* wird der aktuelle Werkzeugweg der NC-Kontrolle unterzogen und gemäß der Voreinstellungen (s.a. Unterabschnitt 5.1.2.2) des NC-Check-Moduls am Bildschirm visualisiert. Die Darstellung zeigt das bewegte Werkzeug und den daraus resultierenden Materialabtrag. Eine solche NC-Kontrolle ist in Bild 5.2 anhand des Anfasens der Außenkontur gezeigt, wobei Werkstück, Referenzteil, Werkzeug, Aufspannung, NC-Folge und Übergangsbewegungen in unterschiedlichen Farben verdeutlicht werden.

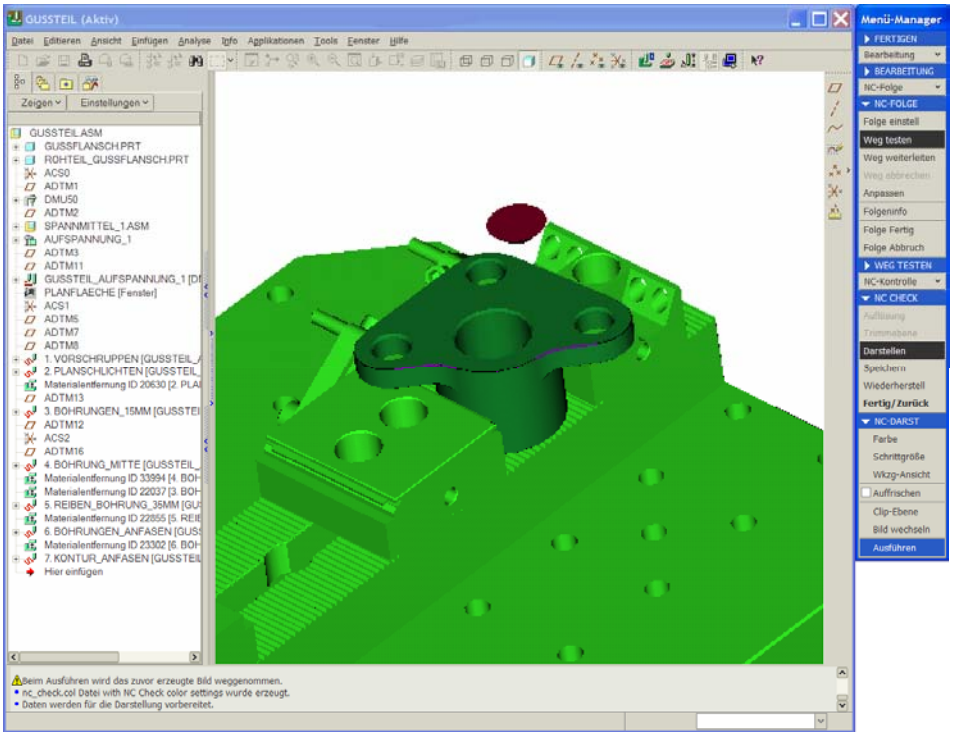


Bild 5.2: Dynamische Fertigungssimulation mit Hilfe des Pro/NC-Moduls NC-Check.

NC-Kontrolle nach der Erzeugung der NC-Folgen

Im Gegensatz zur Simulation des Spanvorganges während der NC-Folgenerstellung können diese nach der Erzeugung einzeln oder auch mehrere zusammenhängend simuliert werden. Die Prüfung mehrerer NC-Folgen erlaubt ein vollständiges Bild der Werkstücksgeometrie nach der Bearbeitung. Für diese Funktion muss der CL-Code für die zu prüfenden Folgen vor Aufruf der NC-Kontrolle in Dateiform abgelegt werden (s.a. Abschnitt 5.2.1 CLDATA).

Die NC-Kontrolle wird in diesem Fall mit der Befehlsfolge *Bearbeitung, CL-Daten, NC-Kontrolle, Darstellen* sowie dem Befehl *Ausführen* gestartet. Nach Aufruf des Befehls *Ausführen* wird der benötigte CL-Code abgefragt, um die Simulation gemäß den Voreinstellungen zu starten – das Material wird entsprechend der Werkzeugbe-

Menüfolge zur Kontrolle gebündelter NC-Folgen nach deren Erzeugung:

- Bearbeitung
- CL-Daten
- NC-Kontrolle
- Darstellen
- Ausführen