

# Auswahl eines NC-Programiersystems für die simultane 5-Achs-Fräsbearbeitung

Dipl.-Ing. Tomasz Wroniecki

## 1 Ausgangspunkt und methodisches Vorgehen

### 1.1 Einleitung

Im Rahmen eines Projektes stand die Aufgabe, für eine neue Portalfräsmaschine eines kmU-Betriebes ein für die simultane 5-Achs-Fräsbearbeitung geeignetes NC-Programiersystem auszuwählen. Aufbauend auf vorliegenden Erkenntnissen /1-5/ wird eine methodische Vorgehensweise zur Auswahl eines geeigneten NC-Programiersystems in folgenden Schritten geplant (Abb.1):

- Erfassung des aktuellen Standes der NC-Programmierung,
- Zusammenstellung der vorhandenen und neuen NC-Programiersysteme,
- Aufbau eines Kriterienkataloges und
- Erarbeitung eines Vorschlags.

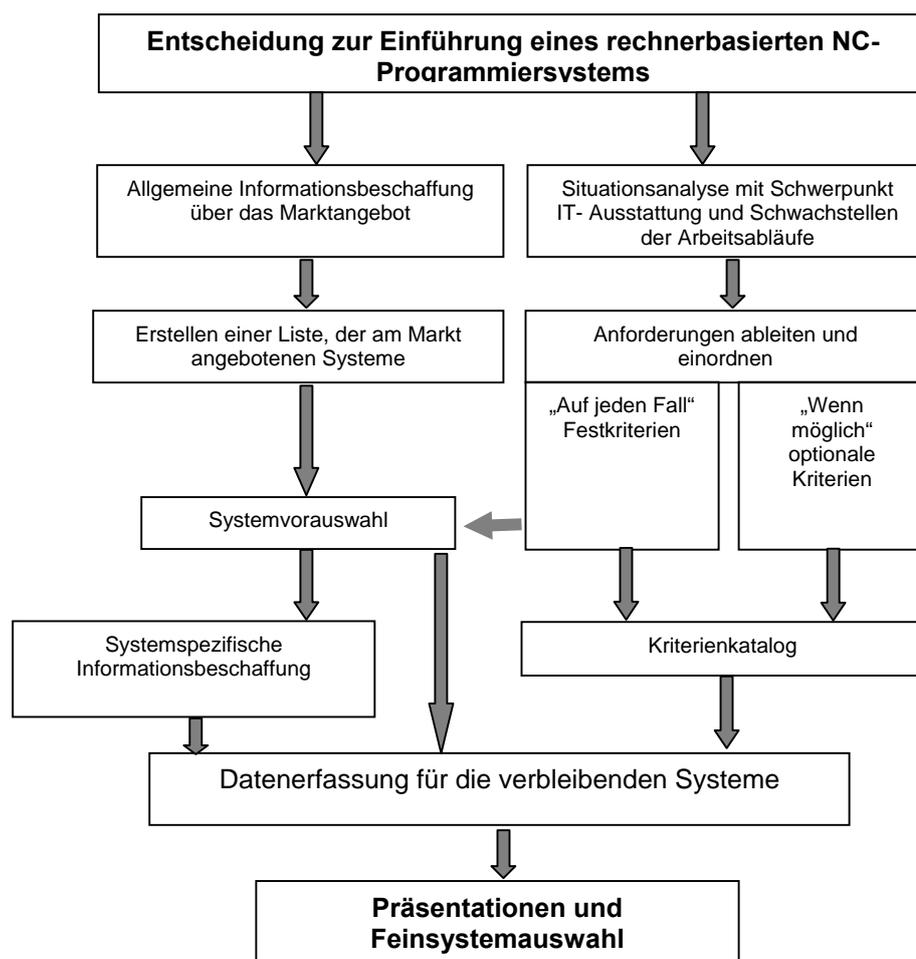


Abb. 1.1: Überblick zum Auswahlprozess für ein NC-Programiersystem

## **1.2 Die wesentlichen Stufen vor der Systemeinführung**

Die Projektabwicklung nach einem methodischen Planungskonzept kann in eine Vorbereitungsphase und einen Einsatzphase eingeteilt werden. Das Projekt bezieht sich nur auf die Vorbereitungsphase, in der alle Kriterien bis zum Entscheid für ein NC-System bearbeitet werden. Das betrifft schwerpunktmäßig Aufgaben zur Systemanalyse und –bewertung.

### **1.2.1 Analyse des Ist-Zustandes**

Ist die Entscheidung für die Anschaffung eines neuen NC-Programmiersystems in einem Unternehmen gefallen, muss zunächst der Ist-Zustand erfasst werden. Es sollten u.a. folgende Schritte unternommen werden:

- Beschaffung der notwendigen Informationen durch die Befragung der Personen sowie durch Beobachtungen des laufenden Prozesses,
- Ermittlung des Leistungsspektrums der bereits vorhandenen NC-Programmiersysteme und deren informationstechnisches Umfeld,
- Betrachtung bisher eingesetzte Technologien und Verfahren
- Überprüfung der vorhandenen informationstechnischen Ausstattung im Hinblick auf ihre künftige Verwendbarkeit,
- kritische Betrachtung der betrieblichen Aufgaben und die zu ihrer Durchführung vorhandenen Abläufe und Strukturen sowie
- Feststellung des Ausbildungszustand der Mitarbeiter.

### **1.2.2 Erfassung der Randbedingungen**

Betrieblichen Randbedingungen nach [VDI 2216] unterscheiden sich nach externen, marktbedingten und unternehmensinternen. Unter dem Begriff „unternehmensinterne Anforderungen“ sollen betriebliche Gegebenheiten verstanden werden, die ein Verfahren beeinflussen. Zu berücksichtigen sind dabei sowohl objektiv messbare Tatsachen als auch subjektive Wünsche.

Beispiele für betriebliche Anforderungen:

- Mengenangaben ( Anzahl der Mitarbeiter, Anzahl Schichten, Losgröße),
- Organisatorische Aspekte ( EDV-Einsatz, Instandhaltungsstrategie),
- Spezielle Anforderungen ( Kopplung zu vorhandenen Systemen),
- Leistungsstruktur.

### **1.2.3 Aufstellen einer Marktübersicht**

Eine weitere Voraussetzung für die Auswahl eines NC-Programmiersystems ist ein Überblick über die auf dem Markt angebotenen NC-Programmiersysteme und deren Leistungsfähigkeit. Aufbauend auf vorhandenen Zusammenstellungen /8/ wurden aktuell NC-Programmiersysteme erfasst, analysiert und zusammengestellt.

Durch die Marktanalyse sortiert man zunächst sehr grob die einzelnen Programmiersysteme nach Leistungsklassen. Hierbei können bereits diejenigen Systeme ausgesondert werden, die aufgrund bestehenden Forderungen nicht in Betracht kommen. Die verbleibenden Systeme werden nach ihren Leistungsmerkmalen sortiert, so dass eine erste Reduzierung auf technisch sinnvoll einzubeziehende Systeme vorgenommen werden kann.

### **1.2.4 Erarbeitung eines Kriterienkatalogs anhand der Anforderungen**

Ein Kriterienkatalog ermöglicht eine schnelle Überprüfung der Produktqualität unter technischen Aspekten. Ziel ist immer die Bewertung eines Produktes, hier eines Softwaresystems. Das Ergebnis kann zur Erstellung einer Bewertung dienen oder auch zu Verbesserungsvorschlägen für die Software führen. Der Kriterienkatalog wird in enger Zusammenarbeit mit der Firma entwickelt. Er muss u.a. die benötigte Leistungsfähigkeit des Systems, die Integration in Informationsflüsse und mögliche Ausbaustufen des Systems als feste und optionale Kriterien berücksichtigen.

### **1.2.5 Grobauswahl**

Für die Systeme, die alle Festkriterien (Mindestkriterien) erfüllen, müssen nun gezielt weitere systemspezifische Informationen eingeholt werden. Dazu ist über die Anforderung von Prospektmaterial hinaus eine direkte Kontaktaufnahme mit dem Anbieter nötig. Im Ergebnis der Grobauswahl sollten nur wenige Systeme übrig bleiben, für die der jeweilige Anbieter zu einer ausführlichen Produktvorführung aufgesucht oder in den Betrieb vor Ort eingeladen wird. Es sollte nicht vergessen werden, die Mitarbeiter, die das System später nutzen sollen, daran teilnehmen zu lassen und ihr Urteil zu berücksichtigen.

Das Ergebnis der Grobauswahl und eine beispielhafte Charakteristik der NC-Programmiersysteme mit typischen Kriterien ist in Tabelle 1.1 zusammengefasst.

## **2 Anforderungsprofil und Referenzteil des Anwenders**

Nach der Analyse der Randbedingungen ergeben sich Anforderungen, nach denen einen Kriterienkatalog aufbaut und die Systeme aus der Marktübersicht verglichen werden.

Die Sollfunktionen, auch als Festkriterien bezeichnet, sind die unerlässlichen Eigenschaften des auszuwählenden Systems. Die optionale Funktionen unterstützen den sorgfältigen Auswahlprozess. Die entscheiden zwar über die Eignung eines Systems sind aber keine Notwendigkeit bei der Auswahl.

Die Funktionalität der vorausgewählte Systemen, deren Soll- und optionale Kriterien, werden anhand eines Referenzteils überprüft.

### **2.1.1 Anforderungen an das NC-Programmiersystem**

Die Festkriterien sind zur Erfüllung einer Aufgabe unumgänglich. Sie stellen bei einer Nichterfüllung das s.g. KO-Kriterium dar. Für die Grobauswahl bei einer großen Variantenvielfalt sind Festkriterien mit heranzuziehen. Die wichtigsten Sollfunktionen wurden für die vorausgewählten Systeme in der Tabelle 1.2 dargestellt.

Die optionalen Kriterien kommen erst in der Phase der Feinauswahl zum Einsatz. Sie dienen der Entscheidungsfindung für die am Besten geeigneten Systeme. Zu den firmenspezifischen Wunschkriterien gehören u.a. :

- Restmaterialbearbeitung,
- Ganzheitliche Maschinensimulation,
- Externe Werkzeugverwaltung sowie
- Regionale Ansprechpartner.

Tab. 1.1: Eigenschaften (Beispiele) vorausgewählter NC-Programmiersysteme

NC-Programmiersystem	Hersteller	Beispielhafte Charakteristik NC-Programmierung	Direkt-schnittstellen	Standard-schnittstellen
Esprit	CAMCenter	Simulation und Überprüfung, Werkzeugbibliothek, Postprozessor-Bibliothek, Feature-Erkennung	ESPRIT-API, CATIA, Pro-Engineer, Unigraphics, AutoDAC, Parasolid, SolidWorks	SAT, IGES, DXF, TXT, VDA-FS, DWG, STEP, STL
VISICAM (Visi-Machining 3D)	CADsys	viele komplexe Formen enthalten, Maschinensimulation, schnelle Berechnungszeiten, Werkzeughalterbibliothek	CATIA, PRO-E, UG	STEP, SAT, IGES, DXF, DWG, PARASOLID, VDA-FS, STL
TopSolid' CAM TopSolid' CAM ME	Missler	automatische Technologie, Simulation, universeller Postprozessor, Kollisionsberechnung, Feature-Erkennung, 5-Achsfräsen senkrecht oder tangential zu Flächen	fast alle Fremdformate	IGES, DXF, STL
CATIA NC Manufacturing	IBM	Bearbeitungselemente, Bearbeitungsabläufe, Restmaterial, Werkzeugoptimierung, Simulation, Schachteln, Postprozessorgenerator	CATIA	STEP, IGES, DXF, STL, WRL, VRML, TIFF, CGM, JPEG
hyperMILL Ver.9.5, hyperFACT	OPEN MIND Software GmbH	integriert, Strategien, Restmaterial, Zeiten, Simulation, Postprozessoren, Feature-Technologie, Makros, Kollisionsvermeidung	CATIA V4,V5, Pro-E, Parasolid, Unigraphics, EUKLID	MI, DXF, IGES, VDA-FS, NCGL, HPGL
PowerMILL 7	Delcam International GmbH	Bearbeitungsstrategien und -statistiken, Simulation, Postprozessoren	PS-Exchange	IGES, VDA, STL, ASCII

Für das 5-Achs-Fräsen wurden u.a. folgende Anforderungen herausgearbeitet:

- Variable Bearbeitung von Flächen und Konturen,
- Bearbeitung komplexer Bauteile mit wenigen Aufspannungen,
- Kurz eingespannte Werkzeuge für höhere Genauigkeit und bessere Oberflächenqualität,
- Bearbeitung tiefe Kavitäten entlang steiler Wände,
- Große Höhenunterschiede bei geringem Flankenwinkel,
- Nachbearbeitung von Hand senken bzw. auch eliminieren,
- Erhöhte Standzeit der Werkzeuge durch verbesserte Schnittbedingungen,
- Möglichst kontinuierliche Bewegung ohne Zwischenhalt des Werkzeuges auf der Werkstückoberfläche und unter möglichst optimalen Bahnvorschub

Tab. 1.2: Vorausgewählte NC-Programmiersysteme mit Soll-Funktionen

NC-Programmiersystem	Ausgebaute CAD-Funktionen	Editierfunktionen	Strategie/5-Achs-Schuppen	Makrotechnik (anwenderspezifisch Unterprogrammtechnik)	Kollisionsüberwachung (Werkstück, Werkzeug, Spannmittel)	Arbeitsplan, Werkzeugplan, Zeitberechnung	DXF-, IGES-, STEP-, CLData- Schnittstellen	Schnittwertermittlung	Werkzeugermittlung
Esprit	x	x	-	x	x	x	x	-	-
VISICAM	x	x	-	x	x	x	x	x	-
TopSolid CAM	x	x	-	x	x	x	x	x	x
CATIA NC-Manufacturing	x	x	-	x	x	x	x	x	x
hyperMILL	x	x	x	x	x	x	x	x	x
PowerMILL	x	x	x	x	x	x	x	x	x

### 2.1.2 Prüf- und Testwerkstück für die 5-Achs-simultan Fräsbearbeitung

Das 5-Achs Prüfwerkstück (Abb. 1.2) kann dazu benutzt werden, um die mögliche Funktionalität einer bestimmten 5-Achs CNC-Fräsmaschine zu testen. Das Prüfwerkstück wird somit einmalig auf der zu prüfenden Maschine bearbeitet und danach vermessen und begutachtet. Es muss beachtet werden, dass immer die Kombination aus Maschine, Steuerung und Postprozessor bewertet wird. Hierbei kann eine Erkenntnis u.a. über die folgenden Eigenschaften gemacht werden:

- Leistung der Vorschubantriebe
- Steifigkeit des Maschinenaufbaus
- Interpolation der Achsen
- Ausgleichsbewegungen der Linearachsen
- Stimmt die Orientierung
- Beurteilung der X-, Y- und Z-Achse
- Zusammenarbeit alle Komponenten
- Statische Genauigkeit
- Dynamische Genauigkeit
- Einmessen des Werkzeuges
- Ist der Fräser in Ordnung? /6/

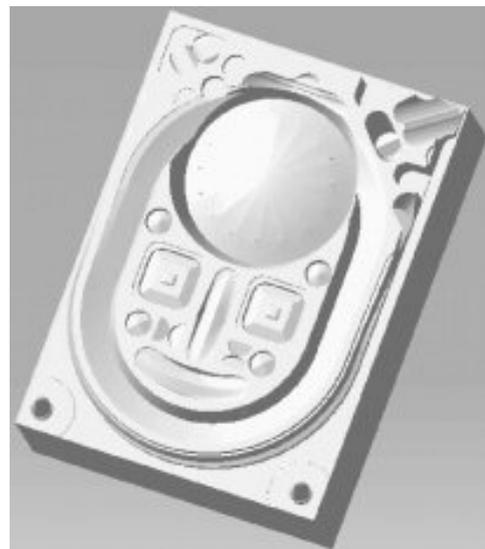


Abb. 1.2: Prüfwerkstück NCG /6/

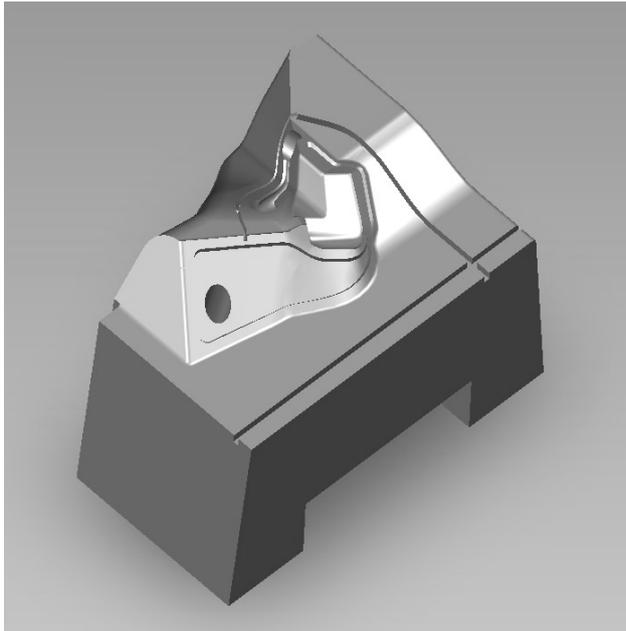


Abb. 1.3. Probewerkstück

Die grob ausgewählten NC-Programmiersysteme wurden anhand eines, von der Firma vorgeschlagenen Testwerkstücks getestet. Das Testwerkstück sollte das zukünftige Bearbeitungsspektrum für die neue Maschine möglichst gut repräsentieren und es besitzt möglichst viele typische oder auch firmenspezifische Formelemente und bearbeitungstechnische Besonderheiten. So wurde u.a. von der Firma Wert auf das Kanal- und Nutfräsen gelegt, das durch die Systemanbieter demonstriert werden sollte. Das Probewerkstück ist für die Software-Anbieter als Herausforderung zu sehen.

### 3 Systemtest-, bewertung und Feinauswahl

Der Systemtest wurden an der Technischen Universität Dresden durchgeführt. Zu den Kandidaten gehören die Anbieter der NC-Programmiersysteme Esprit, TopSolid, Visi, Catia, HyperMill und PowerMill. Die Anbieter erhielten vom Auftragsgeber das CAD-Modell des Testwerkstückes zu Vorbereitung auf die Demonstration. Das Testwerkstück bildet eine gute Vergleichsgrundlage für die Beurteilung der Herangehensweisen bei der Planung, Simulation und Programmierung der Freiformflächen, Taschen und Bohrungen sollten zum Nachweis der Leistungsfähigkeit der Systeme verwendet werden. Der gewählte Schwerpunkt für die Präsentationen war das 5-Achs-Schruppen. Obwohl die vorgeschlagenen Strategien und Vorgehensweisen sehr ähnlich sind, konnte man im Detail die Leistungsfähigkeit der Systeme recht gut beurteilen. Die Unterschiede waren vor allem bei der Bedienbarkeit, den besseren Teillösungen für spezielle Anforderungen und der Schnelligkeit der Programmierung sichtbar.

Die Ergebnisse der Demonstration und der in diesem dem Zusammenhang zusätzlich erfragten Informationen wurden mit den vorliegenden Informationen verdichtet und bewertet.

### 4. Zusammenfassung

Aus Analyse des Marktes für NC-Programmiersysteme lässt sich ein Kriterienkatalog erarbeiten, der im Zusammenhang mit erwünschten firmenspezifischen Anforderungen zur Auswahl eingesetzt wird. Durch die Marktanalyse werden die NC-Programmiersysteme nach Leistungsklassen zunächst sehr grob sortiert. In dieser Phase blieben insgesamt 16 CAM-Systeme zur Auswahl. Diese verbleibenden Systeme wurden nach ihren Leistungsmerkmalen weiter untersucht, wodurch die Anzahl der Systeme nochmals reduziert werden konnte. Im Ergebnis wurden 6 Systemanbieter mit Ihren CAM-Systemen für 5-Achs-Simultanfräsen näher

untersucht, um eine Rangfolge zu erhalten die dem Auftraggeber zur Unterstützung für seinen Entscheid dient.

## Literatur

- /1/ VDI 2216 Datenverarbeitung in der Konstruktion; Einführungsstrategien und Wirtschaftlichkeit von CAD-Systemen, Ausgabe November, 1994
- /2/ Schnier, L.O.: Auswahl effizienter NC-Programmiersysteme. Vorgehensweise, Entscheidungshilfen, NC-Programmiersystemvergleich. Ehningen bei Böblingen : Expert-Verlag , 1991
- /3/ Kief, H.B.: NC/CNC Handbuch 2005/2006. München: Hanser Verlag, 2005
- /4/ Nestler, A.: Leitfaden zur Einführungsunterstützung von NC-Systemen. TU Dresden,, Institut für Produktionstechnik,1993
- /5/ Nestler, A.: Marktspiegel NC-Programmiersysteme. Internes Arbeitsmaterial, TU Dresden, 2000
- /6/ Prüfwerkstück für die 5-Achs-Simultan-Fräsbearbeitung, Anwendung neuer Technologien, Empfehlung 2005. NC-Gesellschaft, Dezember 2005