

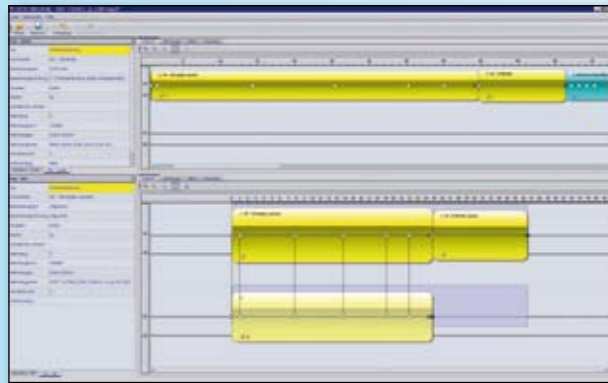
Die von Master-Kanälen vorgegebenen Werkstückspindel-Drehzahlen führen in den Bearbeitungsschritten der Slave-Kanäle bei der Programmierung des Vorschubs pro Umdrehung zu veränderten Bearbeitungszeiten, die automatisch unter Berücksichtigung der separat ausgewiesenen synchronisationsbedingten Wartezeiten aktualisiert werden.

Für jeden Zwischenstand der **Mekams**-Bearbeitung kann die Simulation des neuerstellten Mehrkanalprogramms in seinem aktuellen Zustand aufgerufen werden, um den Programmablauf mit Materialabtrag an dem oder den Werkstücken zu überprüfen und auf Kollisionen zu testen.

Die Synchronisationen werden zunächst steuerungsneutral in das Zielprogramm eingefügt und werden dann in einem Ausgabeprogramm steuerungsspezifisch ersetzt bzw. eingefügt.

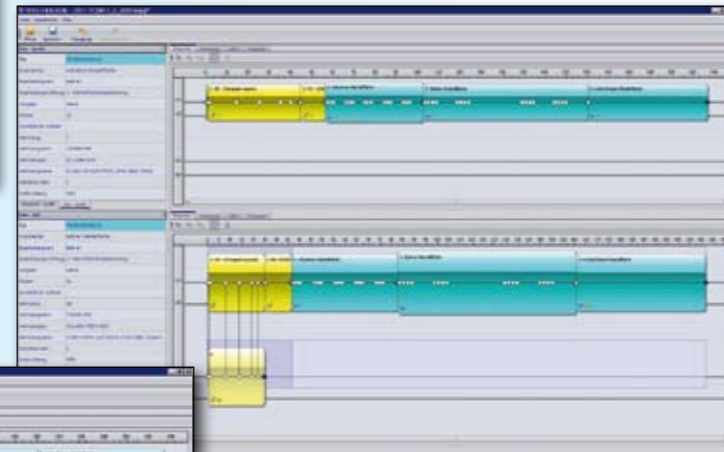
Anwendungsbeispiel einer Aufteilung in zwei Kanäle mit der Steuerung Fanuc 32i

Das einfache serielle Ausgangsdrehprogramm besteht aus einer Außenschruppbearbeitung mit anschließendem Schlichten. Danach folgt eine erste Bearbeitung der Mantelfläche mit einem radialsymmetrischen Bohrmuster in den beiden Arbeitsgängen Anbohren und Bohren. Abschließend wird eine Kontur auf der Mantelfläche gefräst.

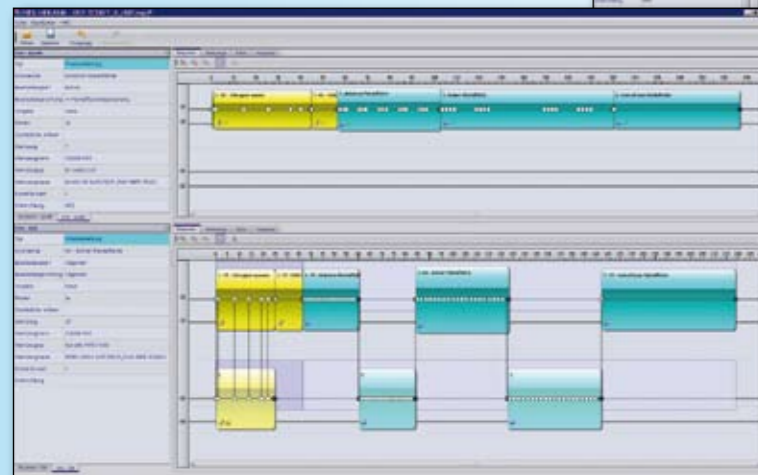


Die Aufteilung der einfachen Schruppbearbeitung in simultanes Schruppen in beiden Kanälen (balanced cutting) halbiert die einkanalige Schrupp-Bearbeitungszeit abzüglich der An- und Abfahrbewegungen von 44 auf 24 Sekunden.

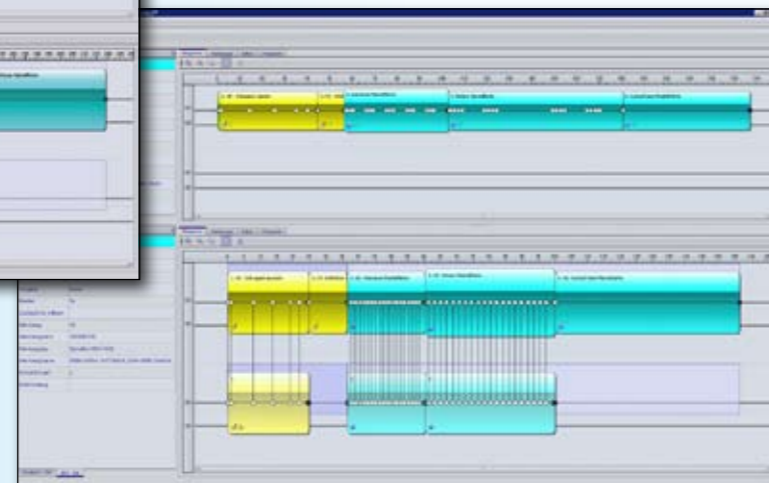
Die Schlichtbearbeitung wird ohne Zeiteinsparung im Kanal 1 ausgeführt.



Die Bearbeitungsschritte der Mantelflächenbohrbilder werden hälftig auf die um jeweils 180 Grad versetzten Positionen aufgeteilt und auf beide Kanäle verteilt. Dabei werden diese als Solo-Master zunächst voneinander durch Synchronisationen getrennt.



Dies bringt zunächst keine Reduzierung der Gesamtbearbeitungszeit.



Unter der Voraussetzung, dass die Werkzeugsysteme der beiden Kanäle genau um 180 Grad versetzt stehen, kann eine simultane Mantelflächenbearbeitung durchgeführt werden, wobei die C-Achsbewegungen des Masterkanals durch Synchronisationen zum Slavekanal abgesichert werden müssen. Die Mantelkontur wird dann im Kanal 1 gefräst.

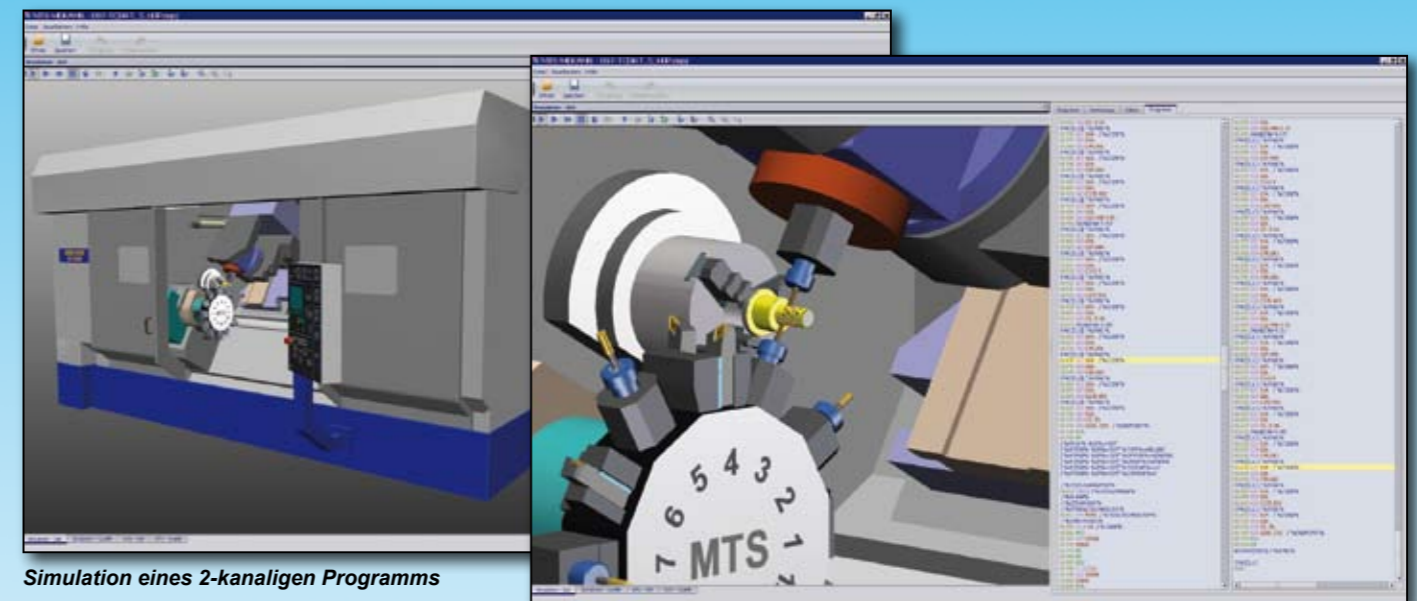
Dies reduziert die Bearbeitungszeit der Bohrbilder auf der Mantelflächen von 124 auf 64 Sekunden, so dass sich durch die Simultanbearbeitung in beiden Kanälen eine Zeitersparnis von 80 Sekunden (Gesamtzeitreduktion von 237 auf 157 Sekunden) ergibt.



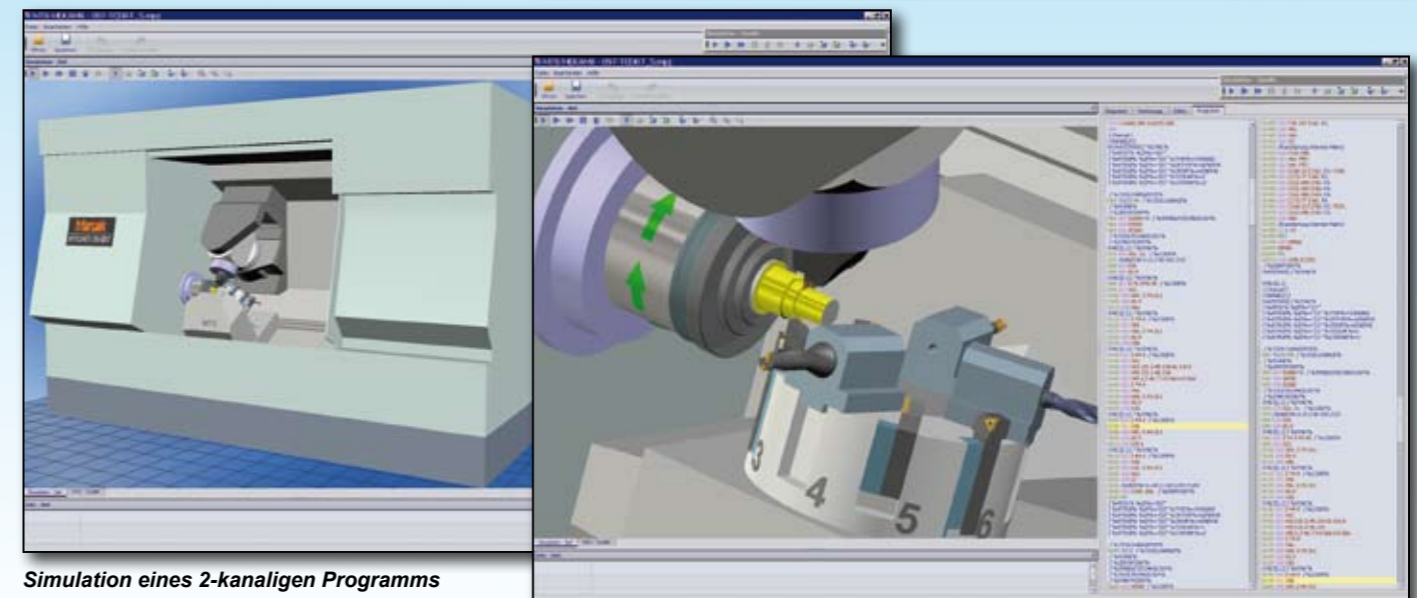
MATHEMATISCH TECHNISCHE
SOFTWARE-ENTWICKLUNG GMBH

Mekams

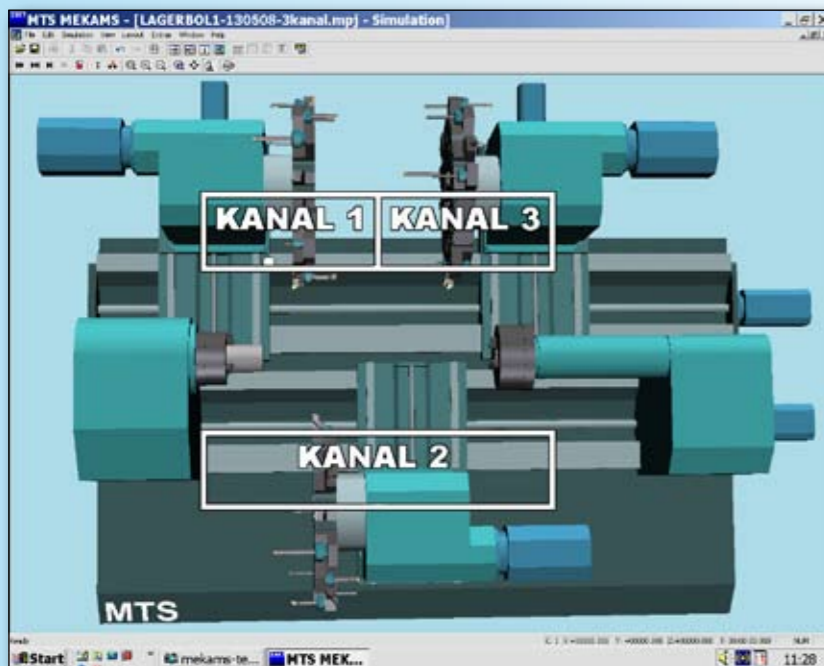
Mehrkanal-Managementsystem zur Erstellung und Optimierung
mehrkantiger Programme
für Dreh/Fräsbearbeitungszentren



Simulation eines 2-kanaligen Programms

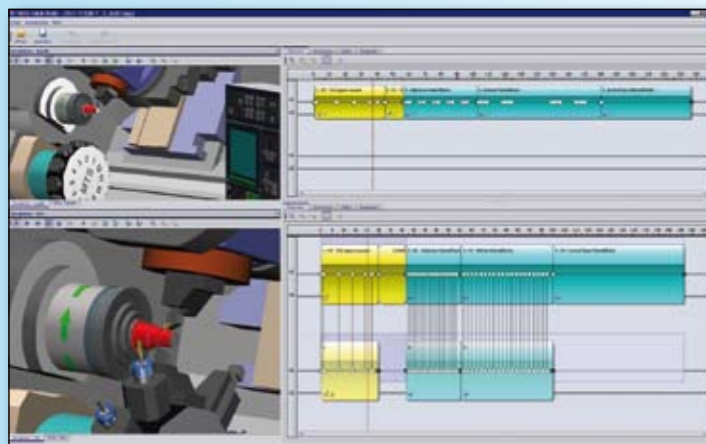


Simulation eines 2-kanaligen Programms

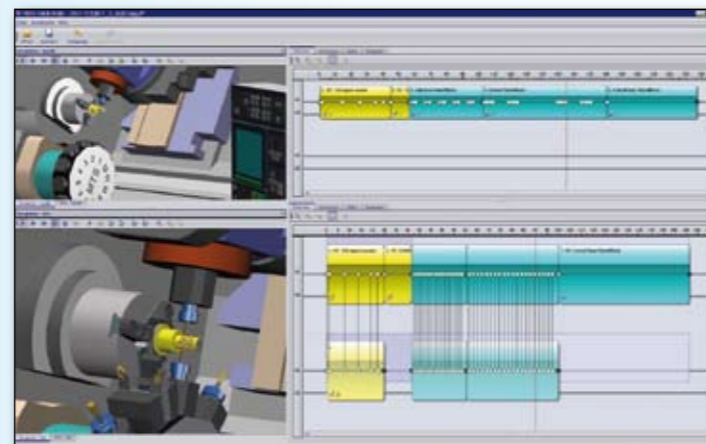


Modell eines 3-kanaligen Drehbearbeitungszentrums mit Gegenspindel

Zur Unterstützung steht dabei die MTS-CNC-Simulation MillTurnSim mit Kollisionsüberwachung des Quellprogramms auf der Ausgangsmaschine und des Zielprogramms auf der Zielmaschine mit der gleichen CNC-Befehlskodierung sowie eine mit den Beschleunigungsrampen durchgeführte genaue Zeitberechnung zur Verfügung. Die Werkzeugwechselzeiten werden im Rahmen des jeweiligen Maschinenmodells berechnet.



Simulation des 1- und des 2-kanaligen Programms – Schruppen



Simulation des 1- und des 2-kanaligen Programms – Mantelflächenbearbeitung

Arbeitsweise von Mekams

Mit der Datei-Auswahl eines steuerungsspezifischen NC-Programms als NC-Quellprogramm wird implizit auch die CNC-Steuerungs-Befehlskodierung für die Zielmaschine festgelegt. Besitzt dieses Quellprogramm ein vollständiges Einrichtblatt, so sind mit diesem auch die Ausgangsmaschine und die maschinenspezifisch montierten Werkzeuge bestimmt. Soll auf der Zielmaschine eine andere CNC-Befehlskodierung verwendet werden, kann im Fall eines einkanaligen Quellprogramms die NC-Syntax mit einem optionalen NC-Compiler verändert werden.

In einer weiteren Auswahl wird die mehrkanalige Zielmaschine festgelegt. Deren Konfiguration beinhaltet das vollständige Maschinenmodell (Werkstückspindeln, Werkzeugsysteme) mit der Achskinematik und der Achsaufteilung auf die Bearbeitungskanäle, die Achsbeschleunigungsrampen für alle (Linear-, Schwenk- und Spindel-) Achsen, die werkzeugsystemspezifischen Werkzeugwechselzeiten und die Werkzeugansetznormen der Werkzeugsysteme.

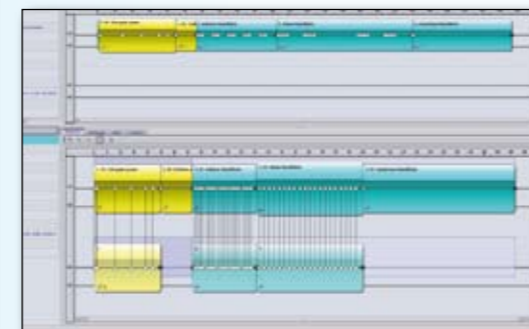
Die Bearbeitung mit Mekams erfolgt dann in zwei Schritten:

1. Strukturierung des Quell-Programms als Mekams-Quellprogramm
2. Aufteilung des Mekams-Quellprogramms für die ausgewählte Zielmaschine in ein Mekams-Mehrkanalprogramm

Die Einrichtblatteinträge des Quellprogramms für die Werkstücke, Spannmittel und Nullpunkte werden in das Einrichtblatt des Zielprogramms übernommen. Die Werkzeugsysteme der Zielmaschinen werden bei der Aufteilung in die Kanäle bestückt. Bei Veränderung der Werkzeugansetznorm muss dann jeweils im Werkzeugdialog ein neues Werkzeug ausgewählt werden.

Ausgangspunkt der Bearbeitung mit Mekams ist ein serielles ein- oder mehrkanaliges NC-Programm in einer steuerungsspezifischen DIN/ISO-Befehlskodierung einschließlich des zugehörigen Einrichtblatts mit Werkstück-, Werkzeug-, Spannmittelvorgaben und Nullpunkt(en).

Dieses NC-Quellprogramm wird mit Mekams in einem graphischen Dialog in ein neues mehrkanaliges NC-Zielprogramm umgesetzt, wobei die Minimierung der Gesamtbearbeitungszeit das Hauptziel der Optimierung ist.



Balkendiagramm des 1-kanaligen und 2-kanaligen Programms über der Zeit

1. Strukturierung des Quell-Programms

Zuerst ist die Lauffähigkeit des Quellprogramms auf der Simulations-Quellmaschine herzustellen. Dazu ist im Einrichtdialog gegebenenfalls ein fehlendes MTS-Einrichtblatt als NC-Programmkopf aus den Angaben im NC-Programm oder separaten Daten zu ergänzen. Die damit mögliche Simulation des Quellprogramms mit der Zeitberechnung ist die Grundlage für die weitere Bearbeitung und erleichtert zudem die Analyse des Quellprogramms durch den Benutzer.

Die Verschiebung von Bearbeitungen in einen anderen Kanal setzt eine Aufteilung des Quell-Programms in strukturierte, in sich abgeschlossene Bearbeitungsschritte voraus. Ein solcher Bearbeitungsschritt beginnt prinzipiell im Kopfteil mit dem Werkzeugwechsel gefolgt von der Technologie-Programmierung und dem Anfahren des Bearbeitungsstartpunktes. Daran schließt die eigentliche Bearbeitung an, die mit dem Freifahren des Werkzeugs beendet wird. Da diese Struktur im Allgemeinen in NC-Programmen nicht immer gegeben ist (z.B. bei zwei Bearbeitungen mit dem gleichen Werkzeug) müssen Programmergänzungen vorgenommen werden.

Für diese Arbeiten steht ein Spezialeditor zur Verfügung. Für das Setzen von Synchronisationen zwischen den Kanälen werden diese Bearbeitungsschritt-Abschnitte intern mit Synchronisationssetzpunkten markiert.

Bei der abschließenden Optimierung im Zielprogramm können dann nicht notwendige Teile (z.B. Freifahren) wieder entfernt oder geändert werden.

In einem Diagramm werden die Bearbeitungsschritte in Kästchenform eingetragen, die bei eingeschalteten Bearbeitungszeiten in der Zeitskala die Breite der Bearbeitungszeit haben.

Die Bearbeitungsabschnitte können dabei klassifiziert werden nach

- Drehen mit Schruppen, Schlichten, Stechen, etc...
- Fräsen mit Bohr-, Taschen-, -Mehrfachzyklen, Konturfräsen, etc...
- Werkstückhandhabung mit Stangenoperationen, Gegenspindelübernahme, Umspannen, Abstechen, etc...

und zugehörige

- Werkstückspindeln (Hauptspindel/Spindel1, Spindel2, ...).

Für die für mehrkanalige Drehbearbeitungszentren charakteristische gleichzeitige Bearbeitung eines Werkstücks durch mehrere Werkzeugsysteme (Werkzeugrevolver, Werkzeugwechselsysteme) kann der Benutzer aus der Art der Bearbeitung ein Spindelmaster-/Slave-Attribut festlegen. Fräsbearbeitungsschritte erhalten als Vorbelegung das Attribut Solo-Master, d.h. ein anderer Kanal darf gleichzeitig keine Bearbeitung am Werkstück ausführen.

Aus technologischen Gründen kann vom Anwender für einen kritischen Bearbeitungsschritt (z. B. Schlichten) eine Parallelbearbeitung durch ein zweites Werkzeugsystem durch Vergabe des Attributs Solo-Master ausgeschlossen werden.

2. Aufteilung des Mekams-Quellprogramms in ein Mekams-Mehrkanalprogramm

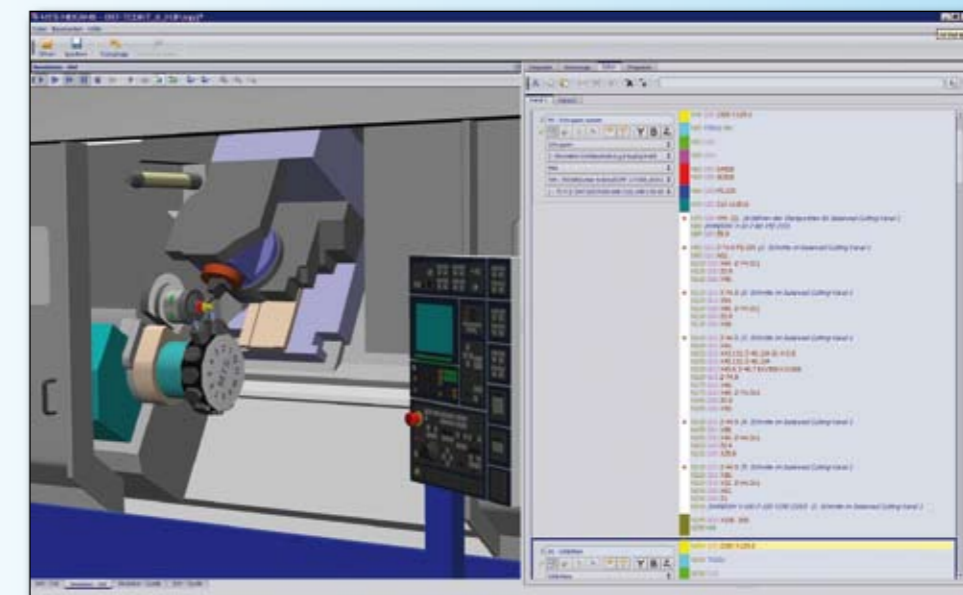
Ausgehend von dem Mekams-Quellprogramm werden dessen Bearbeitungsschritte auf die Kanäle der Zielmaschine in den Diagrammfenstern in einem einfachen graphischen Dialog (Verschieben und Kopieren) aufgeteilt und an beliebigen Stellen als Master- oder Slave-Bearbeitungsschritt eingefügt. Das Werkzeug wird dann auf das zugehörige Werkzeugsystem übertragen und die T-Nummer entsprechend geändert. Stimmt die Werkzeuganbaunorm nicht überein ist im Werkzeugdialog ein entsprechendes Werkzeug auszuwählen. Die Überschreitung der maximalen Werkzeugzahl für eine Ansetznorm ist dabei unzulässig. Lässt sich in einem solchen Fall auch durch Verwendung von Mehrfachwerkzeugen keine Lösung bestimmen, kann der Bearbeitungsschritt nicht in diesen Kanal verschoben werden.

Bei der Bearbeitung eines Werkstücks durch zwei oder mehr Werkzeugsysteme kann nur der Master-Kanal die Werkstückspindeldrehzahl festlegen oder deren Achswert programmieren. Dadurch kann dies in Slave-Dreh-Bearbeitungsschritten auch zu einem Wechsel der Drehrichtung und damit zu einer notwendigen Änderung des Werkzeugs durch den Benutzer im Einrichtdialog führen.

Dies macht ein Steuern des Programmablaufs durch das Setzen von Wait- und Nowait-Synchronisationen zwischen den Kanälen notwendig. Technologisch zwingend erforderliche Synchronisationsrelationen bei Master/Slave-Wechseln, Drehrichtungsänderungen, Werkstückübergaben oder Solo-Mastern werden von Mekams automatisch eingefügt. Weitere Benutzer-Synchronisationsrelationen können einfach durch Anklicken der Synchronisationssetzmarken in verschiedenen Kanälen hergestellt werden.

Bei der Kanalaufteilung können Bearbeitungsschritte mit Drehbearbeitungen für simultane „Balanced Cutting“-Bearbeitungen mit zwei Werkzeugsystemen in zwei Kanälen oder solche mit Fräsoperationen an Stirn-, Mantel- oder Sehnenflächen auf mehrere Kanäle (falls bearbeitungstechnisch möglich) aufgeteilt werden.

Für Balanced-Cutting-Bearbeitungen ohne Achsüberlagerungsbefehle der CNC-Steuerung können dazu in dem Bearbeitungsteil eines Bearbeitungsschrittes weitere Synchronisationssetzmarken eingefügt werden.



NC-Editor zur Strukturierung der Quellprogramme