



**HEIDENHAIN**

09/2011

# Klartext *Aerospace*

HEIDENHAIN-Steuerungen in der Luft- und Raumfahrtindustrie

PRAXISTAUGLICHE STEUERUNGSTECHNIK  
FÜR GENAUIGKEIT UND PRÄZISION

**Punktlandung  
mit  
TNC-Steuerungen**

Ready for take off

## Mit HEIDENHAIN-Steuerungen: Startklar für die neuen Herausforderungen in der Luft- und Raumfahrtindustrie

In unserem ersten Klartext-Spezial „Aerospace“ gewähren wir Ihnen einen Einblick in Problemstellungen und Lösungen im Herstellungsprozess für die Luft- und Raumfahrtindustrie.

Die Anforderungen in dieser Branche sind hoch und sie steigen weiter. Schnelligkeit und Präzision in der Fertigung sind hier gefordert. Die Chancen, den Spagat zwischen beiden Merkmalen zu schaffen, stehen heute, dank moderner Technik „Made in Germany“, besser denn je. HEIDENHAIN stellt hierfür eine Palette an Lösungen bereit, die eines gemeinsam haben: die Effizienzsteigerung und Anwenderfreundlichkeit im Betrieb und die Gewissheit, sich auf die Technik verlassen zu können.

Wir nehmen Sie auf unsere Lesereise mit und zeigen Ihnen Lösungsmöglichkeiten für die Zielkonflikte Geschwindigkeit und Genauigkeit sowie Maßhaltigkeit und Maschinengenauigkeit.

Im Fokus unseres Heftes stehen ebenso die Funktionen, die die Prozesssicherheit im Betrieb unterstützen. Gerade bei zeitintensiven Bearbeitungen, wie in der Luftfahrtindustrie üblich, sind zuverlässige Strategien für einen reibungslosen Ablauf wichtig.

Nicht zuletzt sehen Sie in unserem Praxisbericht, wie Windkanalmodelle mit der iTNC 530 gefertigt werden. Der Sondermaschinenbauer Deharde GmbH setzt bei seinen Werkzeugmaschinen auf HEIDENHAIN-Steuerungen und erzielt damit präzise Ergebnisse.

Freuen Sie sich auf interessante Themen unserer ersten Klartext-Spezial „Aerospace“ Ausgabe.

Ihre Klartext Redaktion



### **Bildnachweis**

Deharde GmbH: Seite 8, 9

iStockphoto: Seite 1, 2 unten, 3 unten,  
4 oben, 6, 7, 10

Stock.XCHN: Seite 8 oben

alle übrigen Abbildungen

© DR. JOHANNES HEIDENHAIN GmbH



## Inhalt

### Endkonturnahe Fertigung mit hoher Geschwindigkeit

iTNC 530 für eine hohe Konturtreue beim HSC-Fräsen

4

### Maßhaltigkeit ermöglicht Automatisierung

KinematicsComp und KinematicsOpt für mehr Genauigkeit von Werkzeugmaschinen

6

### Exakt bis ins Detail – CNC-Fertigung für Luft- und Raumfahrt

Windkanalmodelle mit der iTNC 530

8

### Zügig und zuverlässig zum ersten Gutteil

Funktionen für die Prozesssicherheit

10

## Impressum

### Herausgeber

DR. JOHANNES HEIDENHAIN GmbH  
Postfach 1260  
83292 Traunreut, Deutschland  
Tel: +49 8669 31-0  
HEIDENHAIN im Internet:  
[www.heidenhain.de](http://www.heidenhain.de)

### Verantwortlich

Frank Muthmann  
E-Mail: [info@heidenhain.de](mailto:info@heidenhain.de)  
Klartext im Internet  
[www.heidenhain.de/klartext](http://www.heidenhain.de/klartext)

### Redaktion und Layout

Expert Communication GmbH  
Richard-Reitzner-Allee 1  
85540 Haar, Deutschland  
Tel: +49 89 666375-0  
E-Mail: [info@expert-communication.de](mailto:info@expert-communication.de)  
[www.expert-communication.de](http://www.expert-communication.de)



TNC-Steuerungen für eine hohe Konturtreue beim HSC-Fräsen

## Endkonturnahe Fertigung mit hoher Geschwindigkeit

*Die endkonturnahe Fertigung soll möglichst viele Prozessschritte automatisieren und Nacharbeiten überflüssig machen. Gleichzeitig sollen HSC-Bearbeitungen die Bearbeitungszyklen verkürzen. Daraus ergibt sich ein Zielkonflikt zwischen Bearbeitungszeit, Oberflächenqualität und geometrischer Genauigkeit. Welche Voraussetzungen eine Steuerung erfüllen muss, um Effizienz und Genauigkeit in Einklang zu bringen, zeigen Beispiele aus der Luftfahrt.*

### Kompressorschaukeln: Anspruchsvolle 5-Achs-Bearbeitung

Die Blades eines Triebwerks werden mit einer 5-Achs-Bearbeitung geschliffen. Um Nacharbeiten zu minimieren oder entfallen zu lassen, müssen Oberflächengüte und geometrische Genauigkeit ein besonders hohes Niveau erreichen. Typischerweise werden Freiformflächen wie die der Blades in einem CAD/CAM-System erstellt. Das resultierende Bearbeitungsprogramm besteht aus vielen Geradensätzen. Die Geradensätze stellen eine Näherung der eigentlichen Kontur dar und führen zwangsläufig zu Abweichungen.

*Kompressorschaukeln (Blades) eines Triebwerks – die präzise Führung des Werkzeugs durch die iTNC sorgt für eine hohe Oberflächengüte.*

Das gilt besonders für die Programmsequenzen, die einen Richtungswechsel definieren. Auch bei einer sehr genau arbeitenden Kombination aus Steuerung und Maschine würde die Oberfläche ohne weitere Maßnahmen Abweichungen von der Kontur erfahren. Bei unzureichender Genauigkeit oder Auflösung der Programmausgabe aus dem CAM-Tool können dadurch Stufen entstehen, die als Facetten auf der Oberfläche zu sehen sind.

Ein weiteres Problem stellen die schnellen Umkehrbewegungen des Werkzeugs dar. An den schmalen Seiten des Blades kommt es zu einem schnellen Richtungswechsel, der mit großen Ausgleichsbewegungen der Linearachsen verbunden ist. Daraus entstehen zwei Herausforderungen: Zum einen sollen die Schnittbedin-

### Geschwindigkeit und Genauigkeit aufeinander abzustimmen – das ist ein Balanceakt.

gungen für den hochwärmfesten Werkstoff trotz der dynamischen Maschinenbewegungen gleichmäßig bleiben – auch am Umkehrpunkt. Zum anderen regen die ruckartigen Bewegungen die Maschine zu Schwingungen an, die Ungenauigkeiten erzeugen. Gerade bei der HSC-Bearbeitung, die hohe Vorschübe voraussetzt, stehen diese Probleme einer hohen Oberflächengüte und geometrischen Genauigkeit eigentlich im Weg.

### Leistungsfähige Bewegungsführung: Hohe Oberflächengüte sichern

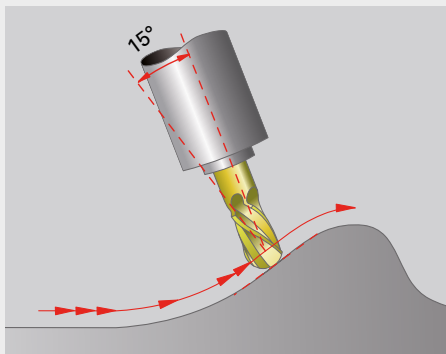
Zurück zum Beginn des Herstellungsprozesses: Beim Bearbeitungsprogramm, erzeugt vom CAD/CAM-System, stellen die Übergänge der vielen Geradensätze eine besondere Herausforderung dar. Eine leistungsfähige Steuerung wie die iTNC 530 glättet automatisch die Satzübergänge, wodurch das Werkzeug gleichmäßig über die Werkstückoberfläche geführt wird. Die Steuerung sorgt dafür, dass die relativ hohen Vorschübe mit einer sehr präzisen Führung des Werkzeugs in Einklang gebracht werden.

Durch das automatische Glätten der Kontur entsteht eine Abweichung. Schließlich kann die Abweichung zur Geometrie



des CAD-Modells bei Freiformflächen im ungünstigsten Fall aus der Summe der eingestellten Konturtoleranz und dem im CAM-System eingestellten Sehnenfehler bestehen. Das Ergebnis am Werkstück hängt letztendlich noch von den Gesamteigenschaften der Maschine und von den eingestellten Werten für Ruck und Beschleunigung der Vorschubachsen ab. Deshalb benötigt der Anwender eine einfache Möglichkeit, das Verhältnis von Bearbeitungsgeschwindigkeit und Toleranz direkt zu beeinflussen: An der iTNC 530 kann der Anwender über einen Zyklus die voreingestellten Werte der Konturabweichung nach seinen Anforderungen festlegen.

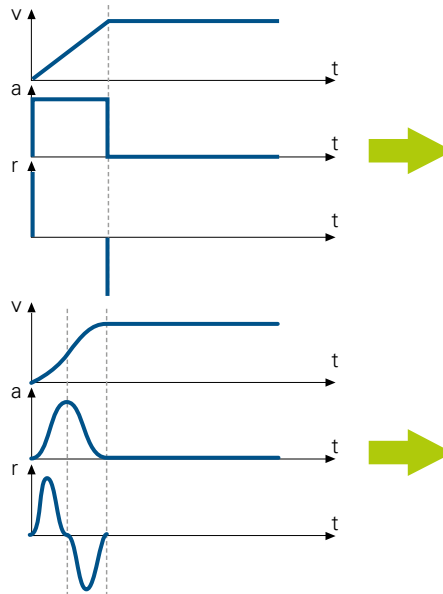
Fazit: Wenn Bearbeitungsprogramme über ein CAD/CAM-System erzeugt wurden, stellen TNC-Steuerungen mit der Satzglättung eine hohe Oberflächengüte sicher.



Mit TCPM stellt die iTNC sicher, dass das Werkzeug exakt entlang der Kontur geführt wird.

### Herausragende Konturtreue: Aufwändige Bewegungsführung in fünf Achsen

Bleiben noch die schnellen Richtungswechsel der Werkzeugbewegung und die daraus resultierenden Ausgleichsbewegungen, die ebenfalls Abweichungen erzeugen können. Für eine der Lösungen steht die Funktion TCPM – Tool Center Point Management. Beim fünfachsigen Bearbeiten wird das Werkzeug immer senkrecht oder in einem bestimmten Winkel entlang der Werkstückoberfläche geführt. Die TNC schließt dabei Korrekturen für die Maschinengeometrie und die Werkzeuglänge sowie eine 3D-Werkzeugradius-Korrektur ein.



Sehen Sie im Vergleich: Die Ruckbegrenzung der iTNC 530 vermeidet Markierungen.

Diese Funktion der geführten Werkzeugspitze kann je nach Krümmungsänderung zu großen Ausgleichsbewegungen und damit zu sehr hohen Achsvorschüben führen. Der entstehende Ruck regt die Maschine zu erheblichen Schwingungen an – mit Bahnabweichungen als Folge. Die Bewegungsführung der iTNC 530 sorgt hier mit einer Glättung des Rucks vor. So wird die eingestellte Konturtoleranz bei starken Änderungen der Bahn eingehalten. Auch in diesem Fall kann der Anwender über die gewählte Toleranz die Bearbeitungszeit deutlich beeinflussen.

Fazit: Die Bewegungsführung der TNC stellt eine hohe Konturtreue sicher, vermeidet Konturverletzungen und unterstützt konstante Schnittbedingungen.

### Konturtaschen: Hohe Oberflächengüte, keine Nacharbeit

Tragstrukturen, wie Spanten, werden mit einem komplexen Muster aus Konturtaschen versehen. Die Oberfläche in den Taschen muss über eine hohe Güte verfügen, andernfalls ist Nacharbeit erforderlich. Denn eine später aufgebrachte Lackschicht darf nicht durch Unebenheiten einen zu hohen Auftrag erhalten.

Die TNC glättet den Ruck und vermeidet Markierungen, die durch eine drastische Bewegungsänderung in der Oberfläche zurückbleiben könnten. Dadurch wird die zeitraubende Nachbearbeitung der vielen Taschen überflüssig.

### Deutliche Vorteile: Anwendungsfreundlichkeit kombiniert mit ausgereifter HSC-Technik

Die TNC-Steuerung macht es dem Anwender einfach, anspruchsvolle HSC-Bearbeitungen zu optimieren. Über leicht verständliche Dialoge und praxisnahe Zyklen kann der Bearbeitungsprozess präzise beeinflusst werden – wie z.B. durch die einfache Eingabe von Toleranzen.

Modernste vorgesteuerte Regelverfahren und eine leistungsstarke Bewegungsführung optimieren die Bearbeitungszeit bei bester Oberflächengüte, während die definierte Genauigkeit stets eingehalten wird. Das gilt auch, wenn die Punkteverteilung aus dem CAM-generierten Programm stark variiert.

Die technischen Vorzüge der HEIDENHAIN-Steuerungen helfen, teure Optimierungsphasen zu vermeiden und schnell das erste Gutteil zu erlangen.



KinematicsComp und KinematicsOpt für genauere Werkzeugmaschinen

## Maßhaltigkeit ermöglicht Automatisierung

*In der Luft- und Raumfahrtindustrie ist es eine Herausforderung, sehr große Bauteile zu fertigen. Die Passgenauigkeit spielt da eine entscheidende Rolle. Denn Schnittstellenbauteile und Komponenten, die an den unterschiedlichsten Standorten gefertigt werden, müssen letztendlich bei der Montage am Flugzeug zusammenpassen. Nur mit dieser Voraussetzung wird eine Automatisierung in der Fertigung erst ermöglicht und manuelle Nacharbeit gespart.*

Die Anforderung an die Passgenauigkeit setzt maßhaltige Bauteile voraus. Baugruppen aus den unterschiedlichsten Komponenten wie beim Fahrwerk müssen präzise aufeinander montierbar sein. Auch die Passbohrungen in Spanten, den Verstärkungsbauteilen in Flugzeigrümpfen oder Tragflächen, müssen bei der Montage exakt aufeinanderliegen.

Eine präzise maßhaltige 5-Achs-Bearbeitung bei großen Bauteilen, gerade in großen Werkzeugmaschinen, ist eine echte Herausforderung. Lange Verfahrswege und große bewegte Massen verursachen verhältnismäßig große Abweichungen.

Und es gibt noch weitere Fehlerquellen: So weist beispielsweise die ISO 230-1 einer linearen Achse sechs mögliche Komponentenfehler zu. Dazu zählen Fehlerquellen wie Positionierfehler, Rollen, Nicken und Gieren sowie zusätzlich Winkelfehler.

Damit nicht genug: Hinzu kommt auch noch, dass die Achsen einer Drift unterliegen, die durch ungleichmäßige Temperaturverteilung in den Maschinenbauteilen verursacht werden. Das wirkt sich nicht nur in Form von Verschiebungen (Translationen) aus, sondern meist auch in Form von Drehungen (Rotationen).

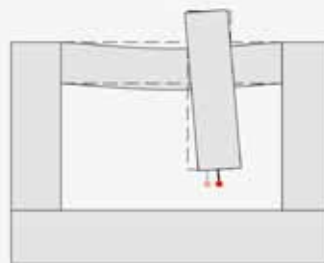
Es stellt sich also die Frage, wie mit den Fehlern umzugehen ist.

### Mit Abweichungen umgehen: Volumetrische Kompensation

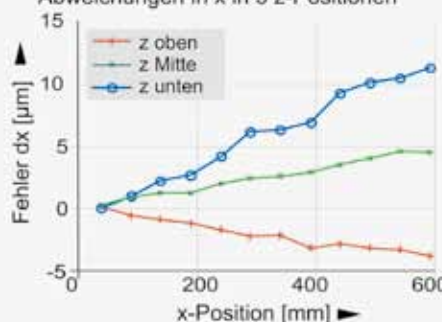
An dieser Stelle bietet HEIDENHAIN eine wirkungsvolle Hilfe an: Die Funktion KinematicsComp der iTNC 530 gibt dem Maschinenhersteller die Möglichkeit, eine umfangreiche Fehlerbeschreibung seiner Maschine in der Steuerung zu hinterlegen. Im Kinematikmodell beschreibt der Hersteller die Freiheitsgrade seiner Maschine sowie die Position der Rundachsen. Ohne KinematicsComp war es nur möglich, die Sollgeometrie zu definieren. Nun wird das tatsächliche Verhalten aller Achsen in dieses bestehende Modell integriert.

Auch eine Beschreibung der positionsabhängigen Temperaturkompensation geht mit KinematicsComp. Die Daten kommen von mehreren Temperatursensoren, die an repräsentativen Stellen der Maschine angebracht sind. Die nötigen Messverfahren, um solche Fehler differenziert zu erfassen, werden teilweise bereits beim Kalibrieren von Messmaschinen eingesetzt. Dazu kommen beispielsweise Laser Tracer zum Einsatz, die mit hoher Präzision die räumlichen Fehler an der Werkzeugspitze ermitteln können. Aber auch durch „bordeigene“ Mittel der iTNC 530, wie KinematicsOpt, ist der Maschinenhersteller in der Lage, die vorhandenen Maschinenfehler differenziert zu kompensieren.

Ohne Kompensation



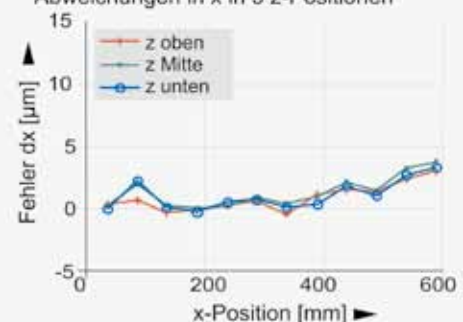
Abweichungen in x in 3 z-Positionen



Mit volumetrischer Kompensation



Abweichungen in x in 3 z-Positionen



*Der Vergleich zeigt: Die volumetrische Kompensation macht eine Werkzeugmaschine genauer.*

## Mit thermischen Einflüssen umgehen: werkstatttaugliche Nachkalibrierung

Durch Temperaturänderungen und mechanische Beanspruchung kann sich die Kinematik der Werkzeugmaschine verändern. Damit stimmt sie aber nicht mehr mit dem kinematischen Modell, das in der Steuerung hinterlegt ist, überein. Die Folge sind Ungenauigkeiten am gefertigten Werkstück. Die Funktion KinematicsOpt setzt genau hier an: Wenn sich die Ma-

schine aufgrund von Temperatureinflüssen während der Bearbeitung verändert, dann muss auch das Kinematik-Modell der Maschine angepasst werden, anstatt Korrekturen im NC-Programm vorzunehmen. Diese Nachkalibrierung kann täglich vorgenommen werden, denn HEIDENHAIN macht es einfach: Die Software KinematicsOpt ist ein Tastsystemzyklus der TNC, welcher das Vermessen der Drehachsen bzw. das Nachkalibrieren leicht und praxisgerecht macht. Ein Maschinenbediener kann den Zyklus in wenigen Minuten durchführen.

Die konsequente Nachkalibrierung mit KinematicsOpt garantiert eine hohe Fertigungsqualität. Die Maschine kann das Werkzeug noch genauer entlang der programmierten Kontur führen. KinematicsOpt sorgt für eine reproduzierbare Genauigkeit auch über lange Zeiträume. Die Korrektur wirkt sich direkt auf die Genauigkeit der Maschine und damit auf jedes Werkstück aus. Ein schöner Nebeneffekt: Es wird enorm Zeit gespart, da aufwändige Neukalibrierungen praktisch wegfallen.



*Eine präzise automatisierte Teilefertigung kann die Montagekosten reduzieren.*

### Einfach und schnell nachkalibrieren – wie KinematicsOpt funktioniert

Bei eingewechseltem HEIDENHAIN-Tastsystem vermisst ein 3D-Tastsystem-Zyklus vollautomatisch die an Ihrer Maschine vorhandenen Drehachsen. Dabei ist es egal, ob die Drehachse ein Rund- oder Schwenktisch oder ein Schwenkkopf ist.

Zur Vermessung der Drehachsen wird eine Kalibrierkugel auf dem Maschinentisch befestigt und mit dem HEIDENHAIN-Tastsystem abgetastet. Zuvor definieren Sie die Feinheit der Messung und legen für jede Drehachse separat den Bereich fest, den Sie vermessen wollen. Aus den gemessenen Werten ermittelt die

TNC die statische Schwenkgenauigkeit. Dabei minimiert die Software den durch die Schwenkbewegungen entstehenden Raumfehler und speichert den Korrekturwert am Ende des Messvorgangs automatisch in den jeweiligen Maschinenkonstanten der Kinematiktafel ab. Selbstverständlich steht auch eine ausführliche Protokolldatei zur Verfügung, in der neben den eigentlichen Messwerten auch die gemessene und die optimierte Streuung (Maß für die statische Schwenkgenauigkeit), sowie die tatsächlichen Korrekturbeträge gespeichert werden.

### Kompensation von Abweichungen und Drift: für höchste Genauigkeit und Präzision

#### Fazit

Mit den Funktionen KinematicsComp und KinematicsOpt können wachsende Ansprüche an Genauigkeit und Präzision in der Luft- und Raumfahrt erfüllt werden. Und das zahlt sich doppelt aus: Fehlerkompensation und werkstattgerechte Nachkalibrierung sorgen für eine hohe Maßhaltigkeit. Werkstücke können außerdem automatisiert gefertigt werden, Schnittstellenbauteile müssen nicht mehr am Flugzeug bei der Montage angepasst werden. Manuelle Nacharbeit wird gespart – und damit auch Zeit und Kosten.



Windkanalmodelle mit der iTNC 530

## Exakt bis ins Detail – CNC-Fertigung für Luft- und Raumfahrt

*Höchste Präzision und die konsequente Vermeidung von Ausschuss haben für die Deharde Maschinenbau Helmut Hoffmann GmbH oberste Priorität, denn der Sondermaschinenbauer ist unter anderem für Unternehmen aus der Luft- und Raumfahrt tätig. Für die Produktion von Windkanal-Modellen, Vorrichtungen und zahlreichen weiteren diffizilen Teilen setzt Deharde auf Werkzeugmaschinen mit HEIDENHAIN-Steuerungen.*

Nicht nur bei der Investition in neue Maschinen wie beispielsweise das CNC-Fräszentrum DMC 340U fiel die Wahl auf die iTNC 530. Bestehende Maschinen werden im Rahmen von lebensdauerverlängernden Maßnahmen technisch überholt und ebenfalls auf diese Steuerung umgerüstet. Für Deharde hat dies den Vorteil, dass die Produktionsmitarbeiter universell an allen Werkzeugmaschinen arbeiten können. Darüber hinaus werden auf diese Weise Fehler bei der Übertragung der Programme an unterschiedliche Steuerungen ausgeschlossen.

„Bei uns ist die Wertschöpfung jedes Arbeitsschritts enorm hoch, die Toleranzen in der Fertigung hingegen äußerst gering. Abweichungen davon bzw. Ausschuss sind deshalb extrem kostspielig“, erläutert

Klaus Gerken, Leiter der Fertigung bei Deharde. Der Maschinenbauer kann bei Bedarf Toleranzen bis  $\pm 0,015$  mm für Konturen,  $\pm 0,01^\circ$  für Winkel und  $\pm 0,02$  mm für Positionen auf einer Länge von 2500 mm gewährleisten. „Ein Tag im Windkanal – in dem anhand von maßstabsgetreuen Flugzeugmodellen das Strömungsverhalten und die Kräfteeinwirkungen auf einzelne Flugzeugteile gemessen werden – kostet hohe fünfstelligen Beträge. Da muss jede der filigranen Bohrungen, anhand derer die Luftströme gemessen werden, zu 100% genau sein. Auch der Austausch von Modellbauteilen – beispielsweise verschiedene Konturvarianten von Triebwerken oder Rumpfverkleidungen oder unterschiedliche Formstücke für die Einstellung der Landeklappen – darf keine Minute länger dauern als notwendig“, beschreibt Tobias Schwarz, Leiter Entwicklung & Konstruktion bei Deharde, den extrem hohen Anspruch an die gefertigten Teile.

### Programmierung basierend auf CATIA V5 und Edgecam

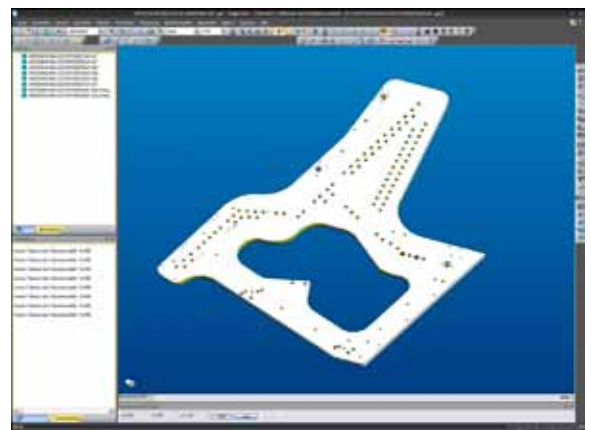
Anhand der individuellen Kundenanforderungen erstellt das zehn Mitarbeiter starke Konstruktionsteam auf der Basis von CATIA V5 3-D-Modelle und stimmt diese mit dem Kunden ab. Im nächsten

Schritt erstellt einer der fünf Programmierer mit Hilfe von CATIA V5 oder Edgecam die CNC-Programme, die später auf die HEIDENHAIN-Steuerungen der Werkzeugmaschinen übertragen werden. Eine Besonderheit bei Deharde: Aus Sicherheitsgründen werden bei „fliegenden Teilen“ – also solchen, die später in der Luft- und Raumfahrt zum Einsatz kommen – die Programme für die Korrektur direkt an der Maschine gesperrt. Alle Änderungen werden ausschließlich durch die Mitarbeiter des Bereichs Arbeitsvorbereitung & Programmierung vorgenommen.

Bei allen anderen Teilen haben die Produktionsmitarbeiter die Möglichkeit, Programme direkt an der Maschine zu korrigieren. In Einzelfällen programmieren sie auch direkt an der Maschine. „Besonders hilfreich finde ich dann, dass auf der iTNC 530 bereits komplette Arbeitszyklen zum Beispiel für das Abplanen, das Schwenken oder das Bohrfräsen hinterlegt sind. Diese Zyklen benötigt man häufig und kann sie bei Bedarf sekundenschnell einfügen“, berichtet Stephan Coquille, Mitarbeiter in der Fertigung von Deharde. Für das Programmieren direkt an der Maschine stellt die iTNC 530 einen schnellen, komfortablen Editor bereit.

*Auch das 5-Achs-Giga-Fräszentrum DMC 340U mit vier Wechselpaletten orderte Deharde mit einer HEIDENHAIN-Steuerung.*

*Einer der zahlreichen Arbeitsschritte – Erstellung der 3-D-Modelle anhand individueller Kundenanforderung.*





## „Eine HEIDENHAIN-Steuerung gewährleistet uns und damit natürlich auch unseren Kunden die größtmögliche Flexibilität“

Klaus Gerken,  
Leiter Fertigung von Deharde

### Überzeugende Zusatzfunktionen

Um bei Qualität und Bearbeitungszeit die Möglichkeiten der Werkzeugmaschinen optimal zu nutzen, verwendet Deharde sowohl die Zusatzfunktion KinematicsOpt als auch die adaptive Vorschubregelung AFC.

KinematicsOpt ist eine Software-Option, die direkt in die iTNC 530 integriert wird. Sie eliminiert Abweichungen von Drehachsen aufgrund von thermischen Einflüssen und kompensiert deren Drift. Der Bediener kann so mittels KinematicsOpt die Drehachsen an seiner Fräsmaschine selbstständig nachkalibrieren. Der entsprechende Messvorgang dauert nur wenige Minuten. „Wir kalibrieren einige unserer Maschinen auf diese Weise durchschnittlich einmal pro Woche. Bei Teilen mit besonders geringen Toleranzen nutzen wir die Funktion zusätzlich vor jedem Arbeitsgang“, erläutert Dietmar Warns, Leiter der Zerspanung bei Deharde.

Die adaptive Vorschubregelung AFC regelt automatisch den Bahnvorschub in Abhängigkeit von der jeweiligen Spindelleistung und den vom Anwender definierten Grenzwerten. Auf diese Weise kann

insbesondere bei Gussteilen, die naturgemäß starke Aufmaß- und Materialschwankungen aufweisen, die Bearbeitungszeit spürbar verkürzt werden. Die adaptive Vorschubregelung sorgt dafür, dass die Spindleleistung während des gesamten Arbeitsgangs konstant auf dem erlernten Niveau bleibt. Deharde setzt AFC beispielsweise bei der Titan- und Aluminium-Bearbeitung ein. Die Bearbeitungszeit für das Schruppen wird so durchgängig um fünf Prozent reduziert. „Für uns ist ein besonders wichtiger Vorteil dieser Funktion, dass die Maschine sich automatisch abstellt, wenn der definierte Mindestvorschub unterschritten wird – in der Regel ein Hinweis darauf, dass das Werkzeug stumpf geworden ist. So vermeiden wir kostspielige Schäden an Material und Maschine durch Werkzeugbruch“, erläutert Fertigungsleiter Klaus Gerken.

### Blick in die Zukunft

Vorhandene, ältere Maschinen werden im Rahmen von lebensdauerverlängernden Maßnahmen technisch überholt und mit einer iTNC 530 ausgestattet. Auch für die jüngste Investition, ein neues 5-Achs-Giga-Fräszentrum DMC 340U mit vier Wechselpaletten von DeckelMaho-Gildemeister, orderte Deharde mit HEIDEN-

HAIN-Steuerung. „Das gewährleistet uns und damit natürlich auch unseren Kunden die größtmögliche Flexibilität“, betont Klaus Gerken. Bei dem Fräszentrum DMC 340U ist an die Steuerung die Messsoftware eines Fremdanbieters angebunden, die mittels Taster vollautomatisch die Bauteile auf der Maschine vermisst und Messprotokolle erstellt. „Die Anbindung der Software an die iTNC 530 war über Standardschnittstellen problemlos möglich“, erläutert Thomas Oltmanns, Leiter Arbeitsvorbereitung & Programmierung. Im nächsten Schritt plant Deharde, das Messprogramm so zu konfigurieren, dass es in das CNC-Programm eingreifen kann, um automatisch Korrekturen durchzuführen. Ziel von Deharde ist die mannarme Fertigung an diesem Fräszentrum.

### Die Ergebnisse im Überblick

Durch den Einsatz der HEIDENHAIN-Steuerung iTNC 530 profitiert die Deharde Maschinenbau Helmut Hoffmann GmbH von folgenden Vorteilen:

- Höchste Präzision in der Fertigung
- Eliminierung von Ausschuss
- Schnelle und fehlerfreie Übermittlung der CNC-Programme an die Werkzeugmaschinen via Ethernet
- Die optionale Funktion KinematicsOpt eliminiert Abweichungen an Drehachsen und kompensiert die Drift
- Die optionale Funktion adaptive Vorschubregelung AFC regelt automatisch den Bahnvorschub

*Tragfläche eines Windkanalmodells, das aus bis zu 800 Teilen bestehen kann.*



Funktionen für die Prozesssicherheit

## Zügig und zuverlässig zum ersten Gutteil



*Auf dem Weg vom CAD/CAM-System bis zum ersten Gutteil müssen Hürden überwunden werden: Anpassungen von Bearbeitungsprogrammen, Optimierungen von Parametern und Versuche rauben Zeit und verursachen zusätzliche Kosten. Während der eigentlichen Werkstückbearbeitung müssen Unterbrechungen verhindert oder zumindest möglichst kurz gehalten werden. Gerade bei zeitintensiven Bearbeitungen, wie sie in der Luftfahrtindustrie typisch sind, werden wirksame Strategien für einen reibungslosen Ablauf benötigt.*

### Automatische Programmerstellung mit Einschränkungen

Bearbeitungsprogramme für komplexe Bearbeitungen entstehen im CAD/CAM-System. Damit die geforderte Genauigkeit und Oberflächengüte realisiert werden kann, sind in der Regel Optimierungen und Versuche erforderlich. CAD/CAM-System und Postprozessor sind häufig nicht perfekt auf das tatsächliche Verhalten von Steuerung und Maschine abgestimmt – das reale Ergebnis zeigt sich erst bei Probebearbeitungen, die ggf. auch Änderungen an den Maschineneinstellungen erfordern.

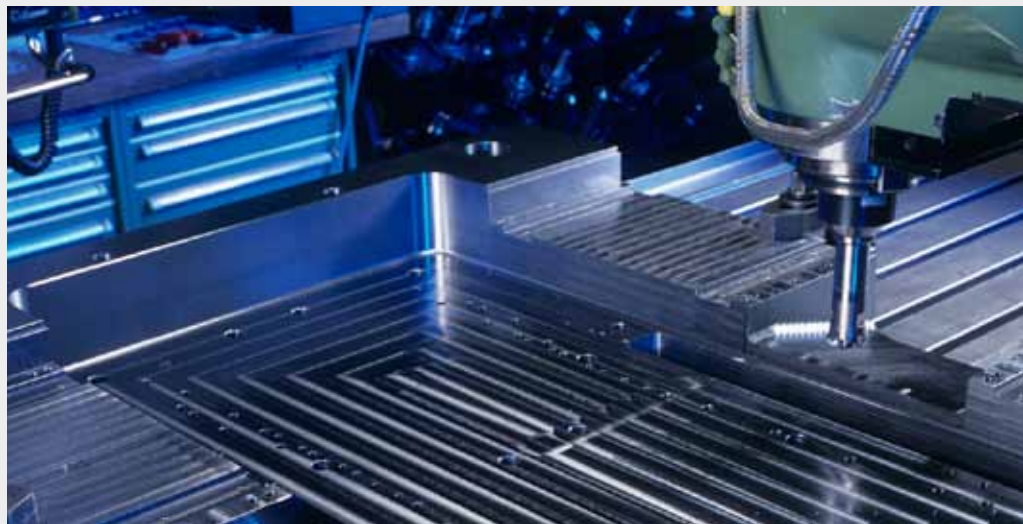
Eine typische Herausforderung, die nachträgliche Optimierungen notwendig macht, ist eine inhomogene Punkteverteilung im generierten Bearbeitungsprogramm. Diese wirkt sich besonders beim gegenläufigen Abzeilen von Freiformflächen aus und kann im ungünstigsten Fall sichtbare Marken in der Oberfläche erzeugen.

Große und sehr komplexe Werkstücke erfordern lange Bearbeitungszeiträume. Das gilt besonders für hochwarmfeste Werkstoffe wie Titan, die in der Luftfahrt zunehmend eingesetzt werden. Das lässt den Wunsch nach mannslosen Schichten aufkommen. Dabei gilt es, Unterbrechungen im unbeobachteten Bearbeitungsprozess zu vermeiden oder, im Fall der Fälle, schnell zu reagieren.

Nutzt das automatisch generierte Programm komplexe 5-Achs-Steuerungsfunktionen, so lässt sich das tatsächliche Verhalten der Steuerung im Vorfeld nicht

immer perfekt simulieren, denn die Steuerungsfunktionen lassen sich in externen Simulationssystemen nicht abbilden. Auch in diesem Fall müssen Anpassungen von Bearbeitungsprogramm und Parametern vorgenommen werden.

Nicht selten werden die letzten Änderungen und Optimierungen des Bearbeitungsprogramms direkt an der Steuerung vorgenommen. Abhängig vom Editor können Anpassungen in großen Bearbeitungsprogrammen zu einer zeitraubenden Angelegenheit werden und im ungünstigsten Fall Fehler provozieren.



*Gute Ergebnisse, aber sicher!  
HEIDENHAIN-Steuerungen sorgen für maximale Prozesssicherheit, gerade bei zeitintensiven Bearbeitungen.*



## Termine in Gefahr – Unterbrechungen im Bearbeitungsprozess verhindern

HEIDENHAIN-Steuerungen wie die iTNC 530 verfügen über Strategien, die Prozesssicherheit funktional sicherzustellen. Entscheidend ist die hohe Verfügbarkeit der HEIDENHAIN-Steuerung, die sich durch eine bewährte Soft- und Hardware-Stabilität auszeichnet. Für Probleme, die bei langen Werkstückbearbeitungen häufiger auftreten, sind Präventivmaßnahmen möglich:

Zum einen lassen sich Schwesterwerkzeuge nach definierten Standzeiten oder natürlich auch an unkritischen Positionen automatisch einwechseln. Zum anderen kann der Werkzeugwechsel auch abhängig vom automatisch gemessenen Werkzeugverschleiß erfolgen.

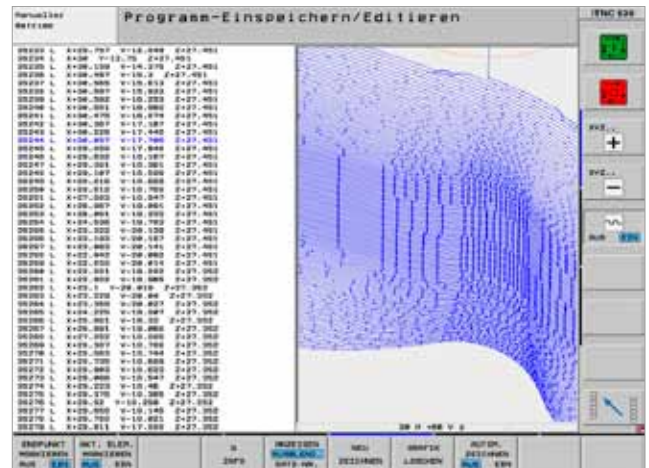
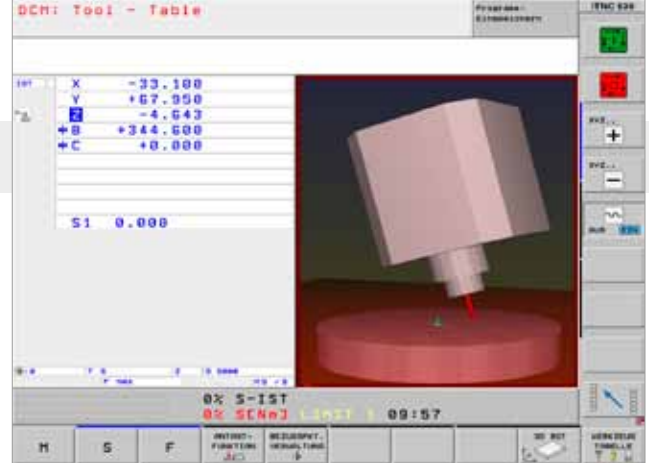
Bei aufwändiger 5-Achs-Simultan-Bearbeitung reduziert die iTNC 530 Kollisionen zwischen Werkzeug, Spannmittel und maschinenfesten Bauteilen im Arbeitsraum der Maschine besonders wirksam. Mit der Funktion DCM (Dynamic Collision Monitoring) überwacht die HEIDENHAIN-Steuerung alle Bewegungen und warnt rechtzeitig, wenn eine Kollision droht. Der Echtzeitschutz ist auch beim Einrichten oder bei Programmunterbrechungen wirksam, z. B. wenn der Maschinenbediener die Achsen manuell verfährt.

Sollte es doch mal zu einem Stillstand kommen, dann ist eine schnelle und zuverlässige Reaktion geboten. Zu diesem Zweck kann die iTNC 530 den Maschinenbediener oder den Servicetechniker per SMS sofort über Fehler informieren um den Zeitverlust gering zu halten.

Mit der Lift-Off-Funktion fährt die TNC ein Werkzeug auch bei geschwenkten Achsen bei einem NC-Stopp vollautomatisch, ohne dass Werkstück oder Werkzeug Schaden nehmen. Diese Sicherheitsfunktion steht selbst dann zur Verfügung, wenn die Versorgungsenergie ausfällt.

*Die dynamische Kollisionsüberwachung DCM bezieht die tatsächliche Aufspannposition und die Korrekturwerte aus der Werkzeugtabelle in die Überwachung ein – auch beim manuellen Verfahren.*

*Viele Funktionen der iTNC 530 optimieren die oft sehr großen, von CAD/CAM-Systemen generierten Programme.*



## Funktionen für eine zuverlässige Programmgenerierung

Ein wesentlicher Vorteil der HEIDENHAIN-Steuerungen liegt in der Unempfindlichkeit gegenüber einer inhomogenen Punktverteilung. Die Punktverteilung variiert bauteilabhängig sehr stark und kann im Voraus nicht exakt bestimmt werden. Die iTNC 530 verfügt über eine leistungsfähige Bewegungsführung, die präzise Konturen sicherstellt, ganz gleich aus welchem CAD/CAM-System und mit welchem Postprozessor die Bearbeitungsprogramme erzeugt wurden. Kurzfristig angesetzte Bauteilwechsel können dadurch einfach umgesetzt werden, spezifische Optimierungen an den Maschineneinstellungen sind nicht erforderlich und machen Optimierungen überflüssig.

Die vom CAM-System generierten Programme werden auf der Festplatte der Steuerung abgelegt. Das erleichtert einen schnellen und unkomplizierten Zugriff, z.B. für die finale Simulation mit der 3D-Liniengrafik direkt an der Steuerung. Der übersichtliche und gut strukturierte Editor erleichtert Anpassungen direkt an der Maschine auch bei sehr großen Programmen – falls diese noch erforderlich sind.

## Maschinenverfügbarkeit erhöhen – Virtuelle Maschinen reduzieren den Einfahraufwand

Mit der Simulation komplexer Bearbeitungsprozesse können Einfahrzeiten auf Maschinen mit hohen Stundensätzen deutlich reduziert werden. Alle leistungsfähigen CAM-Systeme besitzen mittlerweile Simulationmöglichkeiten. Eine 100%ige Sicherheit lässt sich dadurch nicht erreichen. Die Gründe: Zum einen fügen leistungsfähige Postprozessoren zusätzliche Positionierungen ins erzeugte NC-Programm ein und zum anderen lassen sich komplexe 5-Achs-Steuerungsfunktionen von Simulationssystemen nicht nachstellen.

Hier bietet virtualTNC Abhilfe. VirtualTNC ist der original Steuerungskern der iTNC 530, der über eine Schnittstelle in ein beliebiges Simulationssystem eingebunden werden kann. Das virtuelle Abarbeiten eines NC-Programms mit virtualTNC liefert dann exakt die Bewegungen, die an der realen Maschine auch ausgeführt werden, komplexe 5-Achs-Funktionen natürlich eingeschlossen. Somit entstehen keine überraschenden Ausgleichs- bzw. Umkehrbewegungen, wenn das simulierte Programm an der realen Maschine abgearbeitet wird. Die Bearbeitungsprogramme entstehen schneller und sind zuverlässiger.





**HEIDENHAIN**

## Durch Ausnutzen der Toleranz einen klaren Vorsprung herausfahren?

Wer zulässige Toleranzen beim Abfahren einer Strecke optimal ausnützt, ist deutlich schneller als einer, der immer in der Mitte der Strecke fährt. Dies gilt nicht nur für Autorennen, sondern auch für Werkzeugmaschinen. Mit der  $\mu\text{m}$ -genauen Bewegungsführung einer HEIDENHAIN-Steuerung fahren Sie so enorme Zeitvorteile heraus. Je nach Maschine und Anforderungen an die Oberflächenqualität und Maßhaltigkeit schneidet sie Kurven bewusst, damit Sie schneller sind. Das Ergebnis: Ihre TNC erzielt beste Resultate und holt für Sie gleichzeitig einen Vorsprung in puncto Wirtschaftlichkeit und Produktivität heraus. DR. JOHANNES HEIDENHAIN GmbH, 83292 Traunreut, Deutschland, Telefon: +49 8669 31-0, Fax: +49 8669 5061, <http://www.heidenhain.de>, E-Mail: [info@heidenhain.de](mailto:info@heidenhain.de)