

## Anwenderbericht

### HÖHERE GENAUIGKEIT VON WERKZEUGMASCHINEN MIT FANUC-STEUERUNG

„Volumetrische Kalibrierung und Kompensation eines Highspeed-Bohrzentrums steigerte die Genauigkeit um Faktor 4“

Die in den Fanuc CNC-Steuerungen der Serien 30i und 31i-A5 verfügbare Funktion „3D Error Compensation“ kann geometrische Maschinenfehler korrigieren, indem sie dreidimensionale Messdaten des gesamten Maschinenvolumens verarbeitet. Das Resultat der Fehlerkompensation: deutlich höhere Bearbeitungsgenauigkeit.

Keine Werkzeugmaschine ist vollkommen, denn alle Achsen sind in verschiedener Weise fehlerbehaftet: Ganz typisch sind Spindelsteigungsfehler, ein gewisses Durchhängen bei langen Achsen oder Neigungen bei hohen Aufbauten. Fehler, denen moderne CNC-Steuerungen durch spezielle Funktionen entgegen wirken können. Allerdings werden diese Kompensationen in der Regel für jede Achse separat durchgeführt. Weitere gängige Fehler wie kleine Abweichungen der Winkligkeit der Achsen zueinander sowie leichte Verdrehungen bleiben dadurch unberücksichtigt. Sie werden häufig über Korrekturen im NC-Programm eliminiert – mit dem Nachteil, dass ein solches Programm ohne erneute Anpassung auf keiner anderen Maschine genutzt werden kann.

Mit der 3D Error Compensation von Fanuc lassen sich auch solche Achsfehler im Raum kompensieren. Voraussetzung dafür ist ein exaktes räumliches Vermessen der Maschine und aller Achsen. Ein Vorgang, den bisher viele aufgrund des beachtlichen Aufwands scheuten. Durch ein neues Verfahren wird jedoch dieses räumliche Messen erheblich erleichtert, wie ein Hersteller moderner Bohrzentren erfahren durfte. Seine Hochgeschwindigkeits-CNC-Maschinen zeichnen sich vor allem durch Zuverlässigkeit, Langlebigkeit und hohe Genauigkeit aus. In Zahlen ausgedrückt: Die Positioniergenauigkeit in Spindelrichtung beträgt 0,006 mm/300 mm, die Wiederholgenauigkeit liegt bei  $\pm 0,002$  mm. Die effizient und präzise zerspanenden Maschinen sind mit nutzbaren Achslängen von 500, 400 und 330 mm verhältnismäßig kompakt aufgebaut. Sie werden für die Bearbeitung von Kfz-Teilen, Elektroteilen, in der Uhren- und Schmuckindustrie sowie in der Medizintechnik eingesetzt.



DIE FUNKTION „3D ERROR COMPENSATION“ FÜR DIE FANUC CNC-STEUERUNGEN DER SERIEN 30I UND 31I-A5 KORRIGIERT GEOMETRISCHE MASCHINENFEHLER.

### ETALON-SYSTEM ERMÖGLICHT EINFACHES KALIBRIEREN

Um die Präzision dieser Bohrzentren noch weiter zu optimieren, hat der Hersteller die Funktion 3D Error Compensation in seiner Fanuc-Steuerung genutzt. Zum Erfassen der geometrischen Restabweichungen der Verfahrachsen setzte er das Kalibriersystem von Etalon ein.

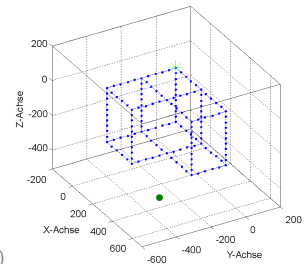


DER LASERTRACER IST IM ZUSAMMENHANG MIT EINEM REFLEKTOR DAS EINZIG NOTWENDIGE MESSMITTEL.

Es besteht aus einem universellen Messgerät LaserTracer sowie einer Software, die aus den Messdaten direkt die Achsabweichungen berechnet und Korrekturdaten ausgeben kann. Eine extrem hohe Messgenauigkeit wird durch ausgeklügelte Methoden erreicht: Durch die reine Verwendung von Längenunterschieden werden die Unsicherheiten durch Winkelmessungen oder zusätzlicher Hilfsmitteln vermieden. Ein patentiertes Prinzip im Inneren des Gerätes eliminiert die unvermeidbaren mechanischen Abweichungen der Drehachsen.

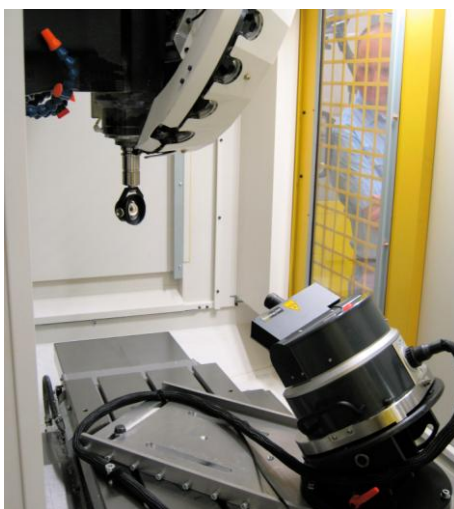
Zur Bestimmung der Achsabweichungen wurde der LaserTracer freihändig anstelle des Werkstücks in die Maschine gestellt. Eine universelle Ausleger-Platte ermöglichte die Positionierung des LaserTracers im begrenzten Arbeitsraum der Maschine. Hier wurde auch der Lufttemperatur-Fühler angebracht, der für die Korrektur der Laserwellenlänge zuständig ist. Außerhalb der Maschine befanden sich zudem ein Luftdruck- und

Luftfeuchte-Sensor. Anstelle des Werkzeugs wurde ein Reflektor an der Spindel befestigt. Die wesentliche Arbeit besteht in der Planung der Messung. In der Software Trac-CAL wird unter anderem der Messpfad festgelegt, den die Maschine fahren kann. Die Messpfade umfassten beim Bohrzentrum für den gewählten Punktabstand von 40 mm insgesamt 998 Messpunkte. Für das gewünschte Fehlermodell der Maschine wurden vier unterschiedliche Positionen mit den entsprechenden Maschinenpfaden für den LaserTracer geplant. Die in der Software integrierte Monte-Carlo-Simulation ergab für die parametrischen Abweichungen bei der geplanten Mess-Konfiguration Unsicherheit von maximal 1 µm bzw. 1 µrad.



MESSPUNKTE AUF DEM MASCHINENPFAD FÜR EINEN STANDPUNKT (GRÜNER PUNKT)

### KALIBRIERUNG BRAUCHT NUR WENIG ZEIT



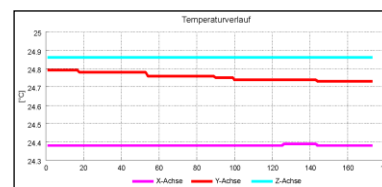
MIT DEM KALIBRIERSYSTEM VON ETALON IST DAS ERFASSEN DER GEOMETRISCHEN RESTABWEICHUNGEN DER VERFAHRACHSEN EINFACH: DER LASERTRACER WIRD AUF DEN VERFAHRBAREN MASCHINENTISCH GESETZT UND IN DER SPINDEL EIN SOGENANNTES KATZENAUGE BEFESTIGT. NACH DEM ERSTELLEN EINES MESSPLANS KANN DIE KALIBRIERUNG BEGINNEN.

Zur Steuerung des Bohrzentruns erstellten die Messtechniker vier Maschinenprogramme im G-Code-Format, die sie anschließend per Datenträger auf die Steuerung kopierten. Vorhandene Kompensationen wurden ausgeschaltet. Anschließend starteten sie die vier Programme nacheinander und bauten den LaserTracer in den Zwischenzeiten um. Schon während der Messungen konnte die spezifizierte Wiederholbarkeit der Maschine von kleiner 2 µm bestätigt werden. Ein Programmablauf dauerte weniger als sieben Minuten. Der gesamte Kalibriervorgang einschließlich Auf- und Umbauarbeiten nahm nur 90 Minuten in Anspruch.

Um die Ausdehnung der Achsmaßstäbe für die Kalibrierung zu berücksichtigen, setzten die Techniker ein bei Etalon erhältliches Temperaturmesssystem ein. Es liefert während der gesamten Kalibrierzeit genaue Informationen über die einzelnen Maßstabtemperaturen. Drei Sensoren wurden nah an den einzelnen Maßstäbe angebracht. Die Übertragung der Temperaturen erfolgte über Funksender zur Basisstation. Diese wurde am Auswerterechner angeschlossen, der die entsprechenden Korrekturen verrechnete. Die Auswertung ergab, dass die Temperaturen zwar relativ stabil waren, sich aber von Achse zu Achse unterschieden.

Aus den Messungen wurde ein reduziertes Fehlermodell berechnet, da für diese Art von Maschine die rotatorischen Abweichungen der letzten

Achse nicht von Bedeutung sind. So konnte man Positionierabweichungen, Geradheiten, die Rechtwinkligkeiten der Achsen zueinander und teilweise Nicken, Gieren und Rollen bestimmen. Anschließend wurden die Korrekturdaten in die CNC-Steuerung kopiert und die Kompensation aktiviert.

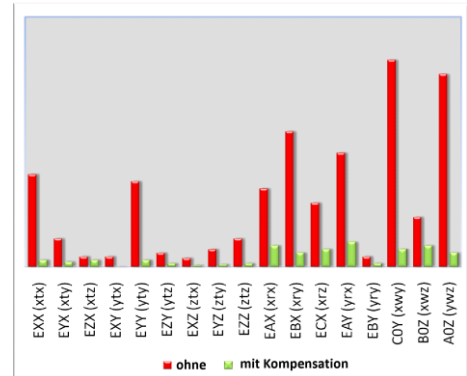


DIE TEMPERATUREN DER EINZELNEN ACHSEN ÜBER DEN ZEITRAUM EINES MESSDURCHLAUFES

### 3D ERROR COMPENSATION ZEIGT GROSSE WIRKUNG

Um die Wirksamkeit der rechnerischen Korrektur der Fanuc 3D Error Compensation auf die räumliche Genauigkeit aufzuzeigen, wurde die Maschine anschließend nochmals vermessen. Der Vergleich der Restabweichungen ohne und mit aktivierter Kompensation ergab eine deutliche Verbesserung aller parametrischen Abweichungen. Sie ging durchschnittlich um 77 % zurück, was einer Verbesserung der Genauigkeit um Faktor 4 entspricht. In der anschließenden unabhängigen Prüfung gemäß ISO 230-2 und -6 mit der Software Trac-Check wurde diese Genauigkeitssteigerung bestätigt.

Die mit der Fanuc 3D Error Compensation erreichbaren Ergebnisse sind natürlich abhängig von der Messung und den mechanischen Möglichkeiten der Maschine. Aber ein Zuwachs an Präzision wird sich immer einstellen. Gerade für Werkzeugmaschinenhersteller, die großen Wert auf die Genauigkeit ihrer Produkte legen, ist die 3D Error Compensation eine erfolgsversprechende Option mit geringem Aufwand und großem Nutzen. Aber auch Endanwender können von den neuen Möglichkeiten profitieren: Denn jede Maschine – von drei- bis fünfachsig – die mit einer Fanuc CNC-Steuerung der Serien 30i oder 31i-A5 ausgestattet ist, kann nachträglich vermessen und über die 3D Error Compensation verbessert werden.



GEGENÜBERSTELLUNG DER EINZELNEN PARAMETRISCHEN ABWEICHUNGEN MIT UND OHNE KOMPENSATION.

### ÜBER FANUC

FANUC LTD, mit Firmensitz am Fuß des Berges Fujiyama in Japan, ist weltweit das am stärksten diversifizierte Unternehmen von Produkten der Fabrikautomation (FA), Robotern sowie Werkzeug- und Spritzguss-Maschinen. Seit der Gründung im Jahr 1956 betreibt FANUC die Automatisierung von Werkzeugmaschinen und gilt als Pionier bei der Entwicklung von CNC-Steuerungssystemen. Die FANUC Technologie setzt dabei immer wieder Trends in der Fertigung, die sich aus der Automatisierung einzelner Maschinen bis hin zu ganzheitlichen Produktionslinien ergeben. Auch im 21. Jahrhundert entwickelt FANUC weiterhin die besten und zuverlässigsten Produkte.

### ÜBER FANUC CNC EUROPE

FANUC CNC Europe vertreibt CNC-Steuerungssysteme in Europa. Daneben bietet das Unternehmen den Herstellern, Händlern und Nutzern von Werkzeugmaschinen einen umfassenden Service und Support. Die Europazentrale befindet sich in Echternach/Luxemburg und das Unternehmen ist europaweit mit 12 Niederlassungen vertreten.

### ÜBER ETALON

Die Etalon AG ist spezialisiert auf die Kalibrierung, Überwachung und Genauigkeitssteigerung von Mess- und Werkzeugmaschinen. Das Unternehmen mit Sitz in Braunschweig ist im Jahr 2004 als Ausgründung der Physikalisch Technischen Bundesanstalt (PTB) entstanden. Innovative Ansätze werden von ETALON in anwenderfreundliche Systemlösungen umgesetzt, wissenschaftliches Know-how, Normungsanforderungen und messtechnische Erfahrung in maßgeschneiderte Software integriert. Mittlerweile besteht ein weltweites Vertriebsnetz. Namhafte Kunden im Maschinenbau, der industriellen Messtechnik, im Fahrzeugbau und in der Forschung setzen auf die Etalon Technologie.

### KONTAKTE:

#### Fanuc CNC Deutschland GmbH

Bernhäuser Straße 22  
 D-73765 Neuhausen a. d. F.  
 Tel: +49 (0)7158 187 400  
 Fax: +49 (0)7158 187 455  
 info@fanuccnc.de  
 www.fanuccnc.de

#### Etalon AG

Bundesallee 100  
 38116 Braunschweig  
 Tel: +49 (0)531 / 592-1974  
 Fax: +49 (0)531 / 592-1979  
 info@etalon-ag.com  
 www.etalon-ag.com