

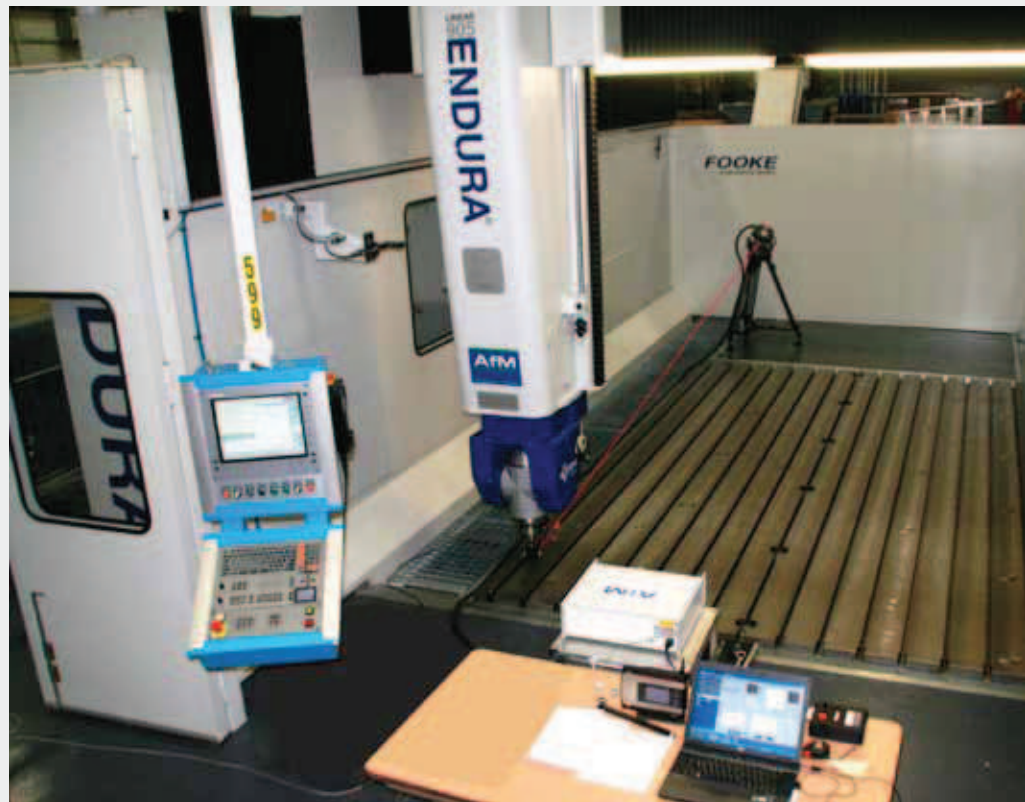
KinematicsComp bewährt sich in der Praxis

Höhere Genauigkeit durch volumetrische Kompensation

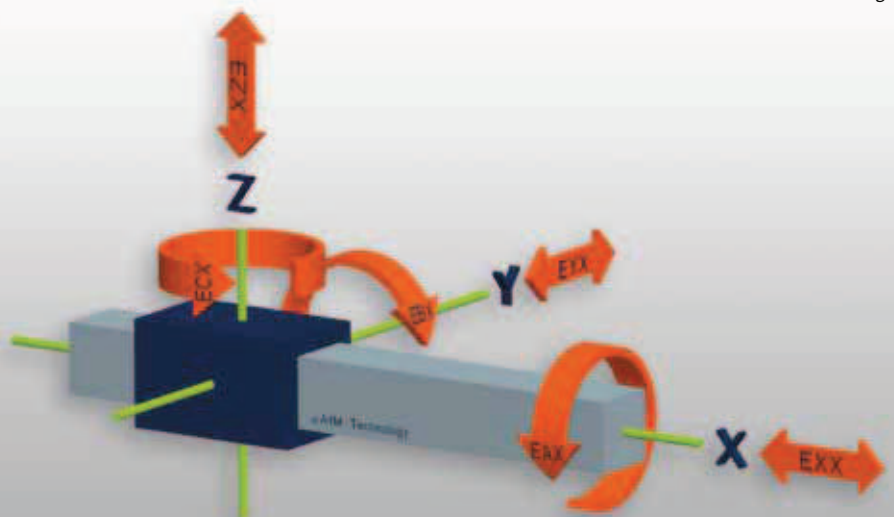
Eine neue Portalfräsmaschine sollte beim Werkzeugbauer Prospect Mold in Cuyahoga Falls, USA, auch in Sachen Genauigkeit neue Maßstäbe setzen. So wurde die iTNC 530 als Steuerung gewählt und mit der Option KinematicsComp bestückt. Die Vermessung sollte mit einer ganz neuen Technologie erfolgen, dem etalon LaserTracer, der von AfM Technology aus Aalen zur volumetrischen Kompensation eingesetzt wird. Das Ergebnis überzeugt, wie das aktuelle Fallbeispiel zeigt.

Hohe Anforderungen von Kundenseite und immer kleinere Fertigungstoleranzen ließen Prospect Mold auf die Suche nach einer perfekten Kombination aus Maschine, Steuerung und Vermessungssystem gehen. Fündig wurde das US-Unternehmen in allen Fällen in Deutschland: Bei der Maschine, einer FOOKE ENDURA 905 Linear, handelt es sich um ein 5-Achs Bearbeitungszentrum in Gantry Bauweise. Sie wurde zur Herstellung großer Werkstücke, Formen und Werkzeuge für die Luftfahrt- und Automobil-Branche angeschafft. Die Firma FOOKE hat ihren Hauptsitz im nordrhein-westfälischen Borken, während HEIDENHAIN und AfM Technology in Süddeutschland angesiedelt sind. Weit über die Grenzen der Bundesrepublik hinaus, sind die drei Firmen aber auch in den USA für Ihre hohe Qualität und Genauigkeit bekannt.

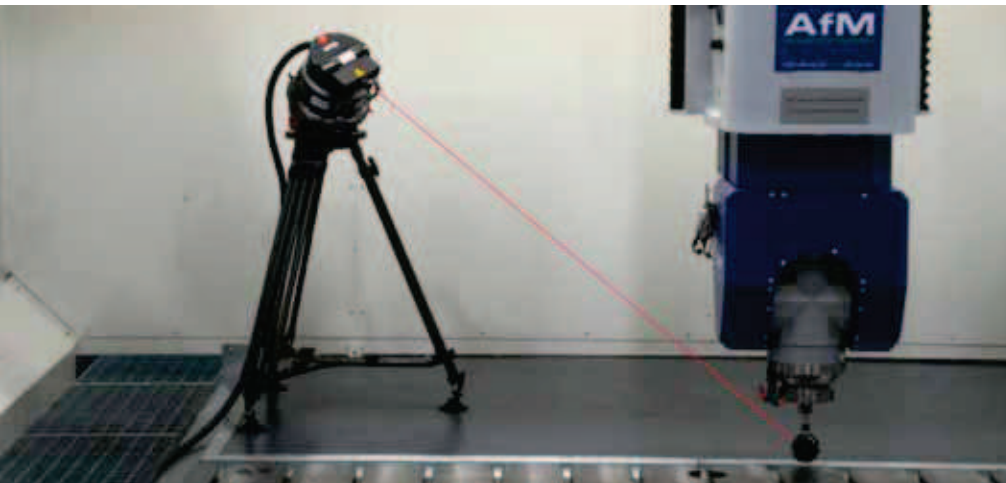
Zu Beginn des Projekts wurde das Potenzial der volumetrischen Kompensation gemeinsam getestet. Die dabei erzielten Ergebnisse waren sehr vielversprechend.



Die FOOKE ENDURA 905 Linear während der volumetrischen Kalibrierung



6 Fehlerfreiheitsgrade einer Linearachse



Der selbstnachführende LaserTracer während der Ermittlung der räumlichen Abweichung

Die Grundlage: Hohe Wiederholgenauigkeit, stabile Umgebungsbedingungen und eine Steuerung mit vollständiger Kinematikbeschreibung

Die Genauigkeit einer Maschine lässt sich steigern, wenn die Kinematikbeschreibung auch die Abweichungen von der idealen Bewegung vollständig abbildet. Dieses als volumetrische Kompensation bekannte Verfahren bietet HEIDENHAIN mit der Steuerungsoption KinematicsComp an. Über eine volumetrische Kompensation können allerdings nur die reproduzierbaren (systematischen) Fehler reduziert werden. Eine hohe Wiederholgenauigkeit der Werkzeugmaschine und stabile Umgebungsbedingungen sind daher wichtige Voraussetzungen für eine volumetrische Kompensation mit nachhaltigem Erfolg.

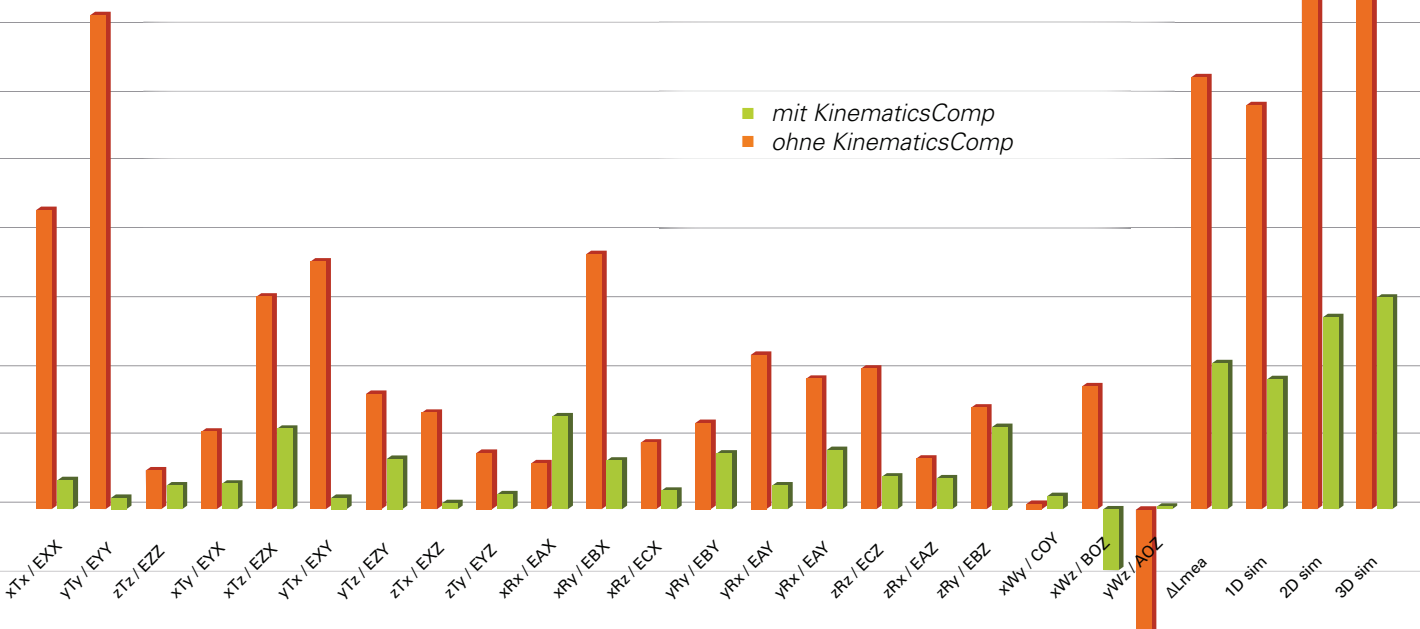
Zunächst müssen die Abweichungen der Maschine im Arbeitsvolumen erfasst werden. Bei konventionellen Messungen mit Laser-Interferometern werden meist nur die Positioniergenauigkeit und die Geradheit der Achsen bestimmt. Roll-, Nick- und Gierbewegungen als signifikante Fehlerquellen können nur mit zusätzlichem Aufwand bestimmt werden.

Anders bei dem etalon LaserTracer. Das System richtet den Laser automatisch auf den Werkzeug Bezugspunkt (Tool Center Point), um die genaue Distanz zwischen dem ortsfesten Fixpunkt des Mess-Systems und dem Werkzeug Bezugspunkt zu bestimmen. Zur Bestimmung der

volumetrischen Abweichung wird eine Vielzahl von Achs-Positionen angefahren. Dabei ist es nicht notwendig, den Laser-Tracer in jeder Position der Maschinenachsen neu zu justieren, da der Strahl automatisch auf den Reflektor ausgerichtet wird. Der LaserTracer liefert nach Angaben von etalon eine Genauigkeit von $0,2 \mu\text{m} + 0,3 \mu\text{m}/\text{m}$ und berücksichtigt alle Fehlerfreiheitsgrade von Linearachsen:

- Lineare Positioniergenauigkeit
- Vertikale Geradheit
- Horizontale Geradheit
- Rollen
- Gieren
- Nicken →

Verbesserung der volumetrischen Genauigkeit durch KinematicsComp



Für die drei linearen Maschinenachsen waren 21 Parameter (3 Rechtwinkligkeiten sowie 18 Parameter der Achsen entlang von Stützpunkten im Verfahrbereich) zu bestimmen. Wenn alle Abweichungen von der idealen Geometrie präzise bestimmt wurden, dann lässt sich die Genauigkeit der Werkzeugmaschine mit der Steuerungsoption KinematicsComp wirkungsvoll steigern. Anwender der iTNC530 mit KinematicsComp profitieren von der höheren Genauigkeit am Tool Centre Point auch bei unterschiedlichen Werkzeuglängen und Kopfstellungen.

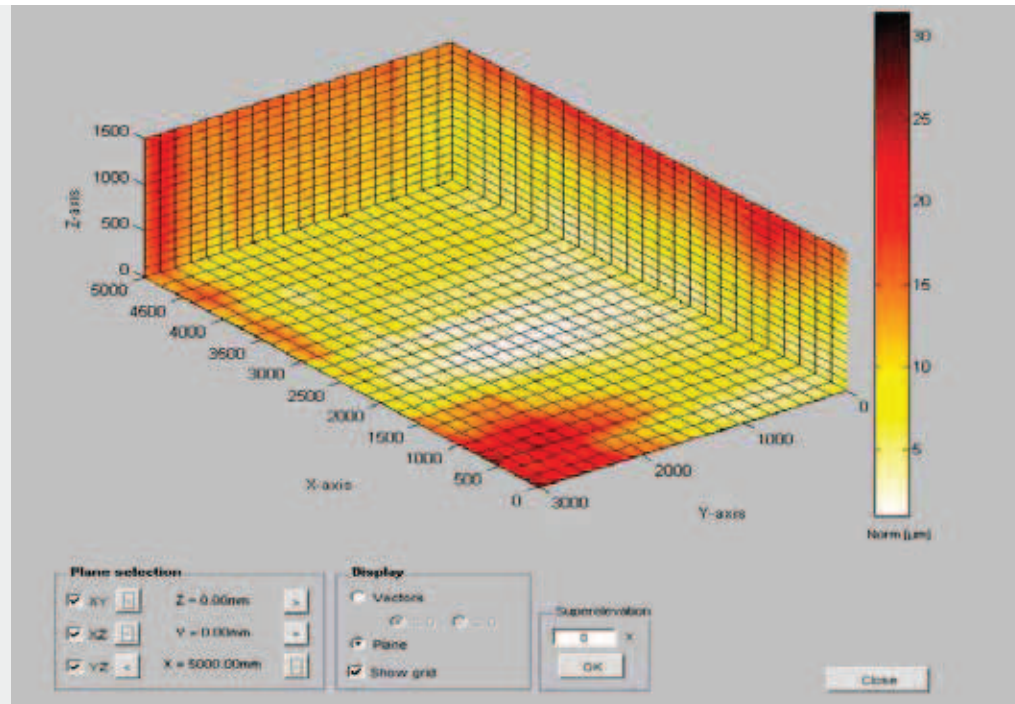
Das Vorgehen: Räumliche Abweichungen exakt bestimmen

Für eine vollständige Vermessung wurde der LaserTracer an 8 unterschiedlichen Positionen platziert. In 6 Stunden wurden so 4.000 Messpunkte erfasst. Auch die Temperatureinflüsse gingen in die Verarbeitung der Messwerte ein: Die Bedingungen bei Prospect Mold waren mit einem Temperaturngang der Hallenluft, von weniger als 2 Grad Celsius über mehrere Tage nahezu ideal. Die Temperaturen an den HEIDENHAIN Längenmessgeräten der einzelnen Achsen wurden von dem, von AfM Technology verwendeten System drahtlos übertragen.

Die Auswertung der Maschinenabweichungen erfolgt beim LaserTracer nur über die gemessenen Laserlängen. Das Verfahren basiert auf einem mathematischen Modell der Werkzeugmaschine und einer Multilateration, ähnlich dem «GPS»-System, welches aus den Signallaufzeiten mehrerer Satelliten, den genauen Standort eines Empfängers auf der Erde bestimmt.

Zuvor wurden die Unsicherheiten der 21 Abweichungsparameter über die in die Software integrierte Monte-Carlo Simulation, bestimmt. Die berechneten Werte von max. 0,8 µm bzw. 0,8 µrad gaben einen guten Hinweis auf eine ideale Messstrategie.

Das Ergebnis: Die volumetrische Abweichung der unkorrigierten Maschine betrug weniger als 100 µm, kein schlechter Wert für ein Maschinenvolumen von 22,5 m³.



Positionsabweichungen im Arbeitsraum der Werkzeugmaschine nach Aktivierung von KinematicsComp

Der Nachweis: KinematicsComp steigert die Genauigkeit

Um die Wirksamkeit der Kompensation nachzuweisen, wurde die Fräsmaschine erneut mit dem gleichen Verfahren und mit gleichem Zeitbedarf vermessen – diesmal mit Einsatz der HEIDENHAIN Software KinematicsComp. Die Genauigkeit wurde im Mittel um 69% verbessert. Das ist eine wesentliche Steigerung für eine genaue Maschine wie die ENDURA 905 Linear. Durch die Kompensation übertrifft die Maschine mit KinematicsComp die Genauigkeitsanforderungen der Luftfahrt- und der Automobilindustrie.

Fazit: Genaue Maschinen noch genauer machen

Selbst bei einer so großen Fräsmaschine wie der FOOKE ENDURA 905 linear konnten die systematischen Abweichungen in allen Freiheitsgraden mithilfe des LaserTracer Kalibriersystems in kurzer Zeit bestimmt und über KinematicsComp kompensiert werden. Die Kombination aus einer wiederholgenauen Maschine, einem geeigneten Messverfahren und einer wirkungsvollen Kompensation mit KinematicsComp der iTNC 530 kann die Genauigkeit anspruchsvoller Werkzeugmaschinen nochmals steigern. +

AfM Technology GmbH

Die AfM Technology GmbH ist ein Lösungsanbieter im Bereich der mobilen Messtechnik. Der Schwerpunkt des Unternehmens liegt in der messtechnischen Erfassung und Korrektur von Abweichungen an Werkzeugmaschinen und Koordinatenmessgeräten. Darüber hinaus bietet AfM seinen Kunden Unterstützung bei der Einführung der volumetrischen Kompensation, den Vertrieb des Etalon LaserTracer Systems und das zum Messen notwendige Zubehör der AfM ThermoStab Produktreihe.

+ www.afm-tec.de

FOOKE GmbH

FOOKE stellt seit über 25 Jahren 5-Achs-Portalfräsmaschinen her, die sich in der Luft- und Raumfahrt, Schienenverkehr und Automobilindustrie sowie Modell-, Prototypen-, Werkzeug- und Formenbau bewähren.

Seit der Gründung im Jahre 1904 ist es die Philosophie von FOOKE, Entwicklungen stetig voranzutreiben um seinen Kunden durch Innovationen und herausragende Technik auf Dauer Mehrwerte zu bieten.

+ www.fooke.de