



- 1 *Anlagenaufbau für den externen Lasertrackerregelkreis.*
- 2 *Endeffektordesign mit 6D-Messkopf und Tripelspiegeln.*

PRÄZISE BEARBEITUNGS-ROBOTER DURCH EXTERNE MESSTECHNIK

**Fraunhofer-Institut für
Fertigungstechnik und
Angewandte Materialforschung IFAM
– Klebtechnik und Oberflächen –**

Wiener Straße 12
28359 Bremen

Institutsleiter
Prof. Dr. Bernd Mayer

Kontakt
Automatisierung und Produktionstechnik
Forschungszentrum CFK NORD
Ottenbecker Damm 12
21684 Stade

Dipl.-Ing. Christian Möller
Telefon +49 4141 78707-261
christian.moeller@ifam.fraunhofer.de

www.ifam.fraunhofer.de

© Fraunhofer IFAM

Status quo

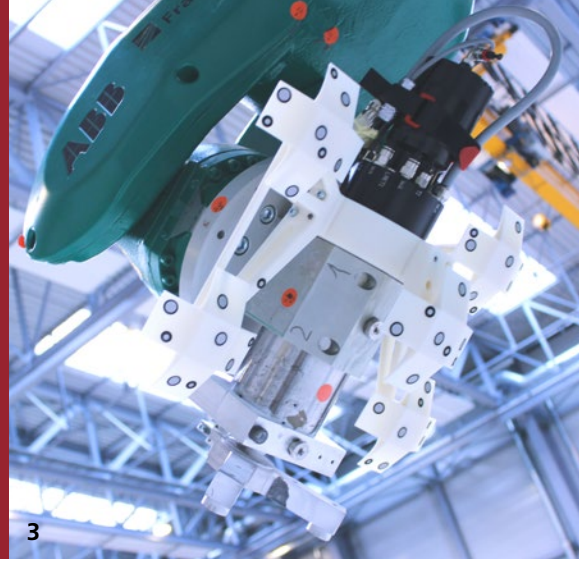
Die hohe Nachfrage nach effizienter Bearbeitung von Großbauteilen – insbesondere mit dem Ziel der Verringerung von Durchlaufzeiten und Kosten – führt zu einem Anstieg der Verwendung von Industrierobotern als Alternative für derzeit eingesetzte Sondermaschinen.

Der Hauptnachteil bei der Nutzung von Industrierobotern als Bearbeitungsmaschinen ist die systembedingte, ungenügende Absolutgenauigkeit – verursacht durch den seriellen Aufbau, die Nachgiebigkeit der Getriebe und äußere Störeinflüsse. Zusätzlich führen hohe Prozesskräfte, wie sie z. B. bei der Zerspanung von Bauteilen aus carbonfaserverstärkten Kunststoffen (CFK) in der Luftfahrtindustrie vorkommen, zu signifikanten Abweichungen des Tool Center Points (TCP) von der Sollbahn

aufgrund der geringen Struktursteifigkeit der Roboterkinematik. Diese Fehler können nicht durch die intern verbauten Motorgeber gemessen werden, sodass Kalibrationsroutinen und interne Roboterregelung nicht in der Lage sind, Einfluss auf äußere Störgrößen zu nehmen.

Externer Kameraregelkreis zur statischen Posekorrektur

Durch den Einsatz eines Stereo-Kamera-Messsystems wird die Position und Orientierung des Roboterendeffektors unter dem Einsatz eines Messmarkenhalters präzise bestimmt und die Abweichung von der gewünschten Sollpose ermittelt. Über eine direkte Kommunikationsschnittstelle auf die Siemens-CNC-Steuerung des Industrieroboters ist es möglich, diese Abweichung in Form von Kompensationswerten in der



Bahnplanung zu berücksichtigen. Dadurch ist – unabhängig von der Kalibration des Roboters, der anliegenden Last oder Umgebungsparametern (z. B. Temperatur) – eine **statische Positioniergenauigkeit** von **unter 0,1 mm** im gesamten Arbeitsraum erreichbar. Somit ist diese Technik insbesondere für hochpräzise Bohrapplikationen an Großbauteilen geeignet.

Dynamische Bahnkorrektur durch Lasertracker

Die Verwendung eines dynamisch messenden Lasertrackers erweitert die externe Führung um die Möglichkeit, dynamische Bahnkorrekturen durchzuführen. Für die Lagemessung ist der Einsatz zusätzlicher Messtechnik in Form eines 6D-Messkopfs notwendig, welcher nahe des Tool-Center-Points am Endeffektor angebracht wird. Über das Echtzeitbus-system EtherCAT können Posedaten des

Endeffektors im Millisekundentakt an die Maschinensteuerung des Roboters übertragen werden, aus denen der Bahnfehler des Roboters berechnet wird.

Die Implementierung einer zusätzlichen Reglerkaskade in der CNC-Steuerung des Roboters ermöglicht eine präzise Bahnkorrektur in Echtzeit, sodass die Geometrie der Fräsbahn höchsten Ansprüchen der Industrie gerecht wird. Die erreichbare **Positioniergenauigkeit** ist mit **0,02 mm** deutlich besser als die Wiederholgenauigkeit der meisten seriellen Roboter.

Für eine einfache Positionskorrektur ist der Einsatz eines Tripelspiegels als Messziel sinnvoll, wodurch sich der Aufbau deutlich vereinfacht. Eine **Positioniergenauigkeit** von **0,08 mm** ist so noch erreichbar. Diese Ansätze eignen sich besonders für dynamische Bearbeitungsvorgänge, wie z. B. Fräsanwendungen an großvolumigen Bauteilen.

Externe Messtechnik zur Führung eines Industrieroboters ermöglicht

- höchste Genauigkeit
- Unempfindlichkeit gegenüber äußeren Störeinflüssen wie
 - | unberücksichtigte Lasten
 - | konstante Prozesskräfte
 - | Temperaturschwankungen
 - | Kalibrations- oder Einmessfehler
- Anwendungsfallsspezifische Auslegung der Messtechnik

Die Arbeiten erfolgen in Kooperation mit dem Institut für Produktionsmanagement und -technik der Technischen Universität Hamburg:

Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Hintze
Forschungsbereich Produktionstechnik
PD Dr.-Ing. habil. Jörg Wollnack
Forschungsbereich Opto-Mechatronik