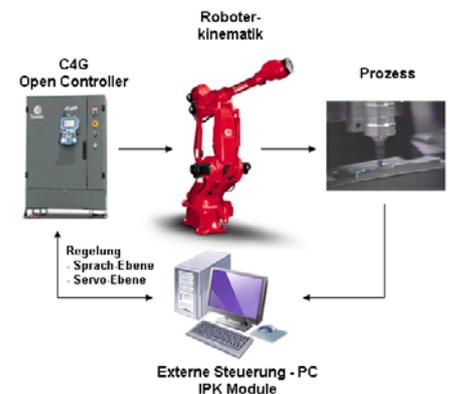


# Roboter statt Werkzeugmaschine

Industrieroboter sind heutzutage ein Standardprodukt und selbst für große Arbeitsräume kostengünstig erhältlich. Sie werden zunehmend für maschinelle Bearbeitungsprozesse eingesetzt, die bisher Werkzeugmaschinen oder speziellen Bearbeitungsmaschinen vorbehalten waren. Im Zentrum der FuE-Arbeiten am Fraunhofer IPK stehen Untersuchungen und Anwendungsentwicklungen für das roboterbasierte Fräsen, Schleifen und Polieren. Eine besondere Herausforderung ist dabei die robotergestützte Bearbeitung harter Materialien wie Stein oder in der Luftfahrt verwendeter Legierungen und der daraus resultierenden Anforderungen an die Steuerung und Regelung der Robotersysteme. Hier wird insbesondere die Entwicklung innovativer Lösungen mit aktiver sowie passiver Kraft- und Nachgiebigkeitsregelung verfolgt.



Entwicklungsplattform am Fraunhofer IPK

## ► Neue Anwendungen für Industrieroboter

Die Industrierobotik blickt mittlerweile auf eine 50-jährige Geschichte zurück. Über viele Jahre war die automatisierte Handhabung schwerer Werkstücke und Werkzeuge ein Hauptanwendungsgebiet. In der Automobilindustrie konnten sich Roboter dank ihrer programmierbaren und reproduzierbaren Bahnführung, z. B. beim Handhaben von Punktschweißzangen, etablieren. Von den weltweit über 1,1 Millionen installierten Robotern wird nach wie vor ein Großteil in klassischen Anwendungen der Automobilproduktion eingesetzt. Großes Anwendungspotenzial für Industrieroboter liegt in der maschinellen Bearbeitung und Montage, wo sie u. a. zur Automatisierung bisher manuell durchgeführter Bearbeitungsprozesse wie Entgraten und Schleifen eingesetzt werden können. Darüber hinaus übernehmen preiswertere Industrieroboter mehr und mehr Aufgaben von CNC-Werkzeugmaschinen. Dieser Ansatz ist vielversprechend, er stößt aber besonders bei der Bearbeitung harter Materialien noch an Grenzen. Wo Werkzeugmaschinen als Produkt ausgereift sind und durch hohe Präzision und Steifigkeit überzeugen, überwiegen bei

Industrierobotern derzeit eine hohe Flexibilität und universell nutzbare, kostengünstige Kinematikstrukturen.

## ► Roboterbasiertes Fräsen

Hier setzen Fraunhofer-Ingenieure an: Für das Fräsen von Freiformflächen mit Industrierobotern entwickelten sie eine durchgängige CAD/CAM-Prozesskette. Sie berücksichtigt spezifische Merkmale wie Steifigkeit und Singularitäten im Arbeitsraum und unterstützt eine jeweils an den Roboter angepasste Bewegungsplanung und Programmgenerierung. Ein weiteres Augenmerk lag auf der Optimierung von Steuerungs- und Regelungsverfahren. Dazu gehören die in einer Robotersteuerung realisierten Echtzeitkorrekturen zur Verbesserung der Positionier- und Fräsgenauigkeit. Indem z. B. die Bahngeschwindigkeit automatisch abgesenkt wird, können sehr hohe Beschleunigungen einzelner Achsen und dadurch entstehende Fehler vermieden werden. Auf ein stabiles Systemverhalten zielt die Entwicklung von Verfahren der Kraft-/Nachgiebigkeitsregelung. Adaptive Prozessstrategien sollen hier Schwingungen der Roboterkinematik oder ein Rattern des Werkzeuges verhindern.

## ► Spezielle Entwicklungsplattform

Für die Verfahrensentwicklung und -erprobung wurde am Fraunhofer IPK eine eigene Entwicklungsplattform für mehrere Roboterzellen aufgebaut. Das Grundelement der Plattform ist die Robotersteuerung Comau C4G Open. Sie ermöglicht offene Echtzeit-Schnittstellen in verschiedenen Steuerungsebenen von bis zu 1ms Taktrate auf Servo-Ebene und kann individuelle Steuerungsmodule integrieren. Dadurch können auf einem externen Steuerungs-PC neue Prozessstrategien und Regelungsverfahren flexibel realisiert und am realen Industrieroboter getestet werden. Dabei kommen speziell erprobte Steuerungsmodule zur Kraft- und Nachgiebigkeitsregelung zum Einsatz. Erste Erfahrungen beim robotergestützten Fräsen harter Materialien wie Naturstein bestätigen die Vorteile dieses Ansatzes. Auch die eingesetzten Fräs- und Schleifwerkzeuge werden erprobt, entwickelt und optimiert, da kommerziell erhältliche Standardwerkzeuge für diese Werkstoffe oft nicht den Anforderungen entsprechen.

## ► Reparatur von Triebwerks- und Turbinenkomponenten

Über die Neuteilfertigung hinaus bieten Roboter auch bei Reparaturprozessen mit

ihren spezifischen Anforderungen an die Verfahrens- und Prozessadaptivität neue Potenziale. Im Rahmen des Fraunhofer-Innovationsclusters »Maintenance, Repair and Overhaul (MRO) in Energie und Verkehr« werden im Projekt »Reparaturbaukasten für Triebwerks- und Turbinenkomponenten« roboterbasierte Bearbeitungsprozesse für Fräs-, Schleif- und Polieraufgaben entwickelt. Basierend auf einer aktiven Kraft-/ Nachgiebigkeitsregelung werden iterative Bearbeitungsstrategien untersucht, Einzelprozesse qualifiziert sowie Einsatzpotenziale und Grenzen der wirtschaftlichen Automatisierung mit Robotern bestimmt.

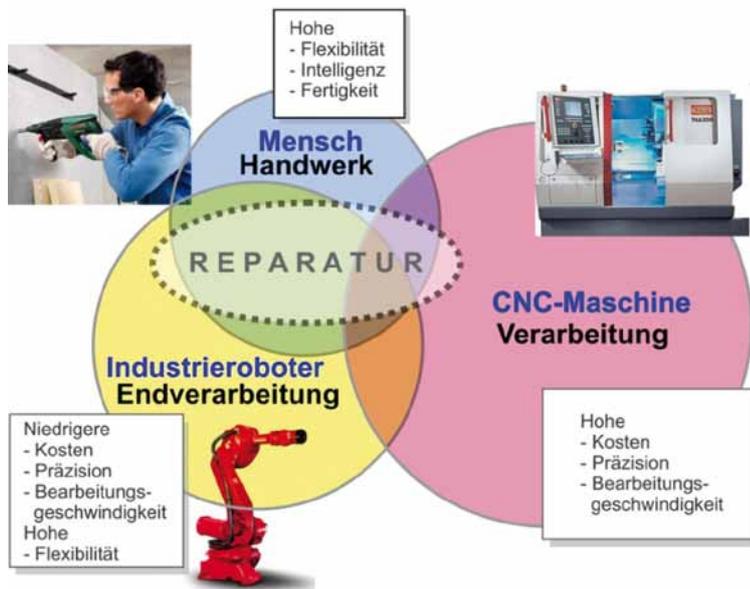
► **Industrielle Lösungskonzepte**

Neben der Plattform zur Optimierung robotergeführter Bearbeitungsaufgaben kommen außerdem kommerzielle Lösungen zum Einsatz: Roboter-, Spindel- und Softwareanbieter bieten zunehmend Lösungen zur Nutzung von Robotersystemen für die Fräs- und Schleifbearbeitung an. Industrielle Fragestellungen wie z. B. das automatisierte Entgraten und Verrunden von Bauteilkanten können so auf Basis verschiedener Roboter-Spindel-Systeme entwickelt und optimiert werden. Hierbei werden oft auslenkbare Werkzeugantriebe verwendet, die durch ihre pneumatisch einstellbare Nachgiebigkeit Ungenauigkeiten ausgleichen und gleichmäßige Bearbeitungskräfte sicherstellen. Voraussichtlich steht dazu ergänzend ein Kuka Bearbeitungsroboter KR 60 HA mit einer 8-kW Frässpindel, Kraft-Momentenregelung und zusätzlichem Dreh-Kipp-Positionierer für industrielle Forschungsprojekte ab Oktober 2012 im Versuchsfeld des PTZ zur Verfügung.

► **Roboter für kleine Serien**

Die robotergestützte Bearbeitung harter Werkstoffe steht ab Herbst 2012 im Zentrum eines europaweiten Forschungsprojekts. Ziel von »HEPHESTOS – Hard Material Small-Batch Industrial Machining Robot« ist es, offene Softwarewerkzeuge und Robotersysteme zu entwickeln, die sich an den Bedürfnissen kleiner bis mittelständischer Unternehmen orientieren und selbst bei

**Bearbeitungsprozesse - Machbarkeit**



Ziel = Die Grenzen und Vorteile vom IR-Einsatz in Reparaturarbeiten und Kooperation mit anderer Technik genauer zu bestimmen

Oben: Einordnung des Robotereinsatzes, Unten: Adaptive Polieren einer Turbinenschaufel



kleinen Losgrößen wirtschaftlich agieren. Ausgehend von Standard-Industrierobotern und offenen Systemschnittstellen werden vor allem adaptive Prozesse, spezielle Steuerungs- und Regelungsverfahren erarbeitet sowie eine umfassende Planungsunterstützung für KMU angeboten. Beteiligt sind neben dem IPK weitere Forschungspartner, Roboter- und Sensorhersteller, Entwickler von Planungs- und Simulationssystemen und Systemintegratoren für Roboteranwendungen. ■

**Machining with Industrial Robots**

Industrial robots are now a standard product for automation and even for large work spaces available at low cost. There is an increasing demand to apply robots to machining processes which were previously reserved for machine tools or special metal-cutting machines. A particular challenge is the robot-based machining of hard materials such as stone or alloys and the resulting demands on task planning, programming, and real-time control. Engineers at Fraunhofer IPK engage in research and application development for robotic milling, grinding and polishing. They pursue in particular the development of innovative solutions using robust impedance and force control.

**Ihre Ansprechpartner**

Dipl.-Ing. Gerhard Schreck  
 Telefon: +49 30 39006-152  
 E-Mail: gerhard.schreck@ipk.fraunhofer.de

Dipl.-Ing. Marcel Manthei  
 Telefon: +49 30 39006-245  
 E-Mail: marcel.Manthei@ipk.fraunhofer.de