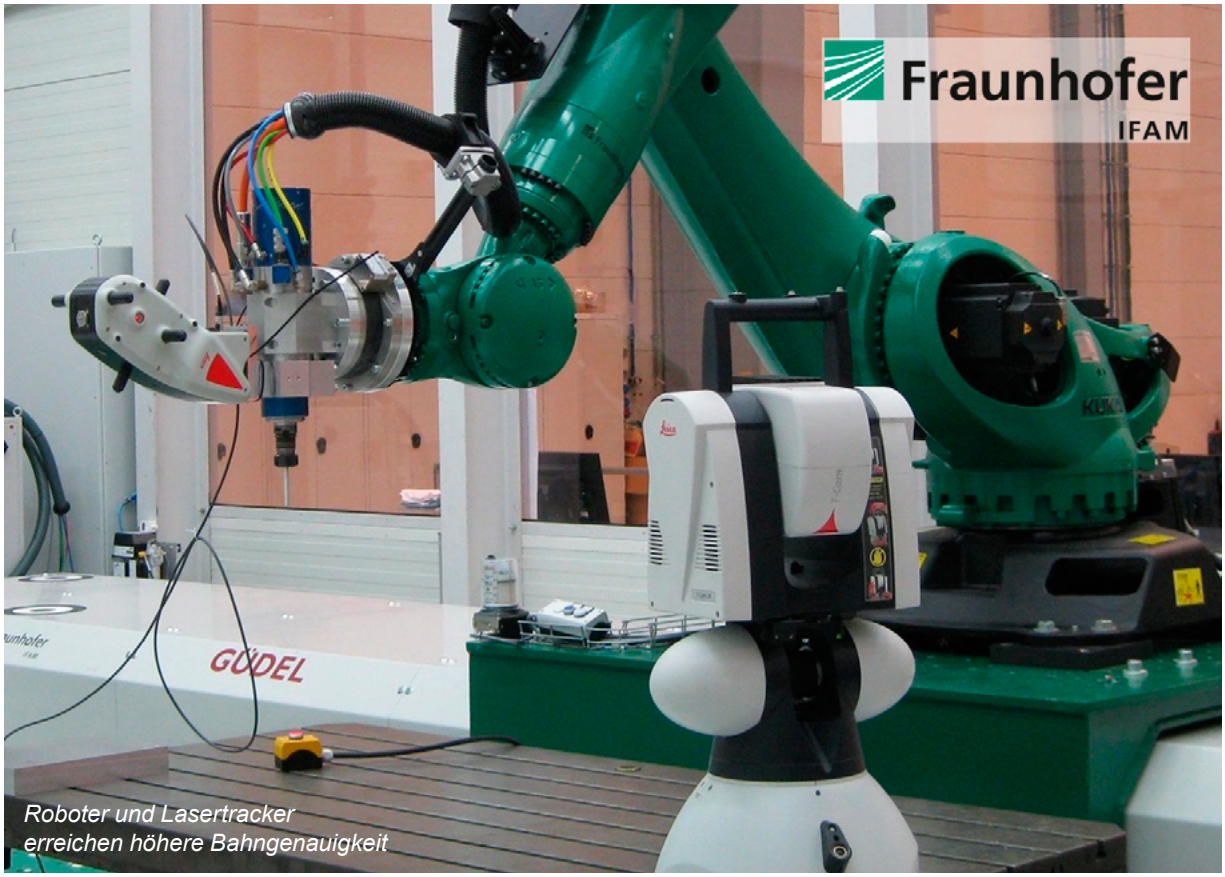


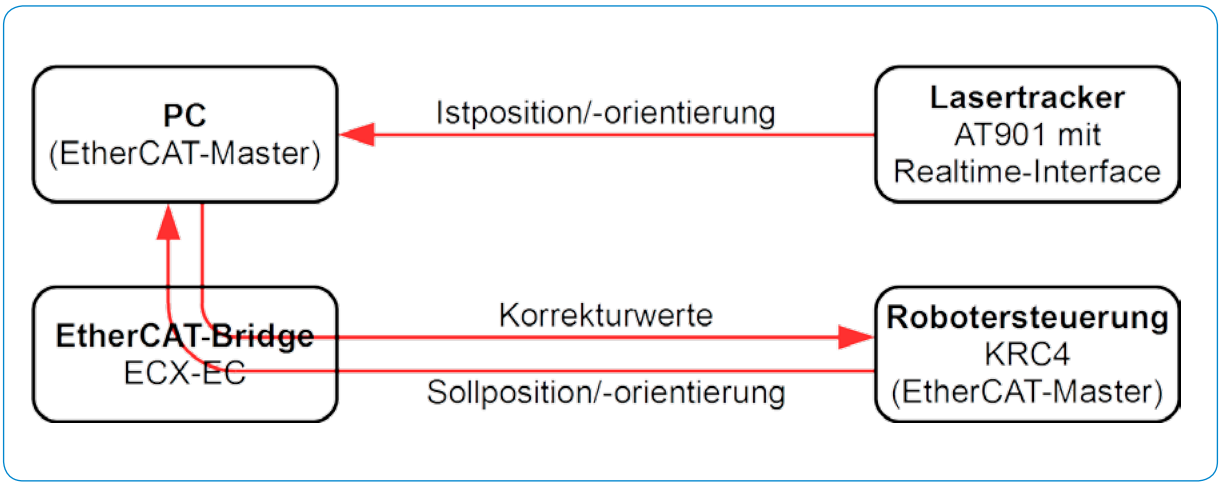
Roboter und Lasertracker erreichen höhere Bahngenauigkeit

Externer Echtzeit-Positions- und Orientierungsregelkreis zur Erhöhung der Bahngenauigkeit von Industrierobotern

Das Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung (IFAM) erarbeitet am Forschungszentrum CFK NORD Lösungen zur Steigerung der Genauigkeit von Industrierobotern, um diese zukünftig für die spanende Bearbeitung von Großstrukturen im Flugzeugbau einsetzen zu können.

Industrieroboter mit sechs Achsen bieten in diesem Anwendungsbereich Vorteile gegenüber den bisher verwendeten großen Werkzeugmaschinen in Portalbauweise, weil die Werkzeugmaschinen verhältnismäßig teuer, schwer und zum Teil unflexibel sind. Zwar sind Industrieroboter, ausgestattet mit einer Hochfrequenzfrässpindel, prinzipiell zur CFK-Zerspanung geeignet, sie erreichen jedoch bisher nicht die im Flugzeugbau geforderten Bahngenauigkeiten. Die Bahnfehler setzen sich aus statischen und dynamischen Posefehlern zusammen (Der Begriff „Pose“ ist ein Synonym für Position und Orientierung). Während sich die statischen Posefehler durch eine Kalibration des Roboters weitgehend eliminieren lassen (der begrenzende Faktor ist dabei die Wiederholgenauigkeit des Roboters), müssen die dynamischen Posefehler zur Kompensation in Echtzeit erfasst und durch einen externen Poseregelkreis ausgeglichen werden. Wesentliche Anteile der dynamischen Posefehler sind bei der CFK-Zerspanung beispielsweise auf elastische Verformungen der mechanischen Roboterstruktur zurückzuführen, die insbesondere durch Getriebeelastizitäten in Verbindung mit Zerspankräften verursacht werden.

Bei einem am Fraunhofer IFAM realisierten externen Regelkreis wird der Posefehler anhand der aktuellen Sollpose und der aktuellen Istpose in Echtzeit auf einem PC berechnet. Die aktuelle Sollpose wird von der Robotersteuerung berechnet und an den PC übergeben, die aktuelle Istpose mit Hilfe eines Lasertrackers gemessen. Mit einem digitalen Regelungsalgorithmus, der die dynamischen Eigenschaften der einzelnen Roboterachsen berücksichtigt, werden Korrekturwerte berechnet, die zur Kompensation des Posefehlers an die Robotersteuerung übergeben werden. Vorteilhaft an diesem Lösungsansatz ist,



Darstellung der EtherCAT-Kommunikation zwischen den Geräten

dass sowohl die statischen als auch die dynamischen Fehlereinflüsse weitestgehend erfasst werden können, z. B. Fehler des von der Robotersteuerung verwendeten kinematischen Modells, elastische Verformungen, Regelfehler, Temperatur- und Alterungseinflüsse. Die Wirksamkeit des externen Regelkreises konnte mit Fräsversuchen bereits bewiesen werden.

Als Roboter wird ein Kuka KR 300 R2500 Ultra verwendet, als Lasertracker ein Leica AT901 mit einer sogenannten T-Cam samt T-Mac zur Orientierungsmessung. Am Roboter erfolgen die Verarbeitung der Korrekturwerte und die Ausgabe der Sollpose über eine Kuka RSI-Schnittstelle. Auf dem PC wird als Echtzeitsystem Beckhoff TwinCAT verwendet. Die Kommunikation zwischen den Geräten erfolgt über EtherCAT. Sowohl der PC als auch die Robotersteuerung agieren als EtherCAT-Master. Da es pro EtherCAT-Segment nur einen Master geben darf, wird zum Datenaustausch zwischen PC und Robotersteuerung eine EtherCAT Slave Bridge der Firma ESD vom Typ ECX-EC herangezogen. Für die Verwendung des ECX-EC sprechen die Möglichkeit zur Zeitsynchronisation der beiden EtherCAT-Segmente und die verhältnismäßig große Menge an Prozessdaten von bis zu 1024 Bytes je Richtung, die in jedem Zyklus zwischen den beiden EtherCAT-Segmenten ausgetauscht werden können.

Autoren:

H. C. Schmidt,
PD Dr.-Ing. habil. J. Wollnack,
K. Hustede,
S. Kothe

Verbinden zweier EtherCAT-Segmente

Das ECX-EC-Modul verbindet zwei EtherCAT-Segmente miteinander. Die EtherCAT-Bridges enthalten dazu zwei EtherCAT-Slave-Interfaces. Mit ihnen werden die EtherCAT-Netzwerke integriert, sodass sich Prozessdaten zwischen zwei EtherCAT-

Segmenten austauschen lassen Zur Synchronisation (DC) der EtherCAT-Master verwendet das ECX-EC-Modul die exakte Zeitdifferenz zwischen beiden Slave-Timestamps als CoE-Objekt. Das ermöglicht es einem Master, sich zeitlich dem anderen Master anzupassen. Für die Zeitsynchronisation im Redundanz-Fall wird die ECX-EC-Bridge gleichzeitig als erster und letzter Slave verwendet. Dadurch ist es dem Master möglich, die Slaves in beiden Netzwerken synchron zu halten. Die Bridge verfügt über eine Ethernet-Schnittstelle gemäß IEEE 802.3 und unterstützt Ethernet over EtherCAT (EoE) „Switch Port“. Die Firmware ist über FoE aktualisierbar.

Das ECX-EC-Modul lässt sich mit üblichen EtherCAT-Konfigurations-Tools konfigurieren (z.B. esd EtherCAT Workbench, TwinCAT® und andere). Es ist als kompaktes Hutschienenmodul für die DIN-EN-Tragschienenmontage (TS 35) konzipiert.

Weitere Details zur ECX-EC-Bridge über **www.esd.eu.**