



SACHSEN-ANHALT



EUROPÄISCHE UNION

**EFRE**

Europäischer Fonds für regionale Entwicklung

**Automatisierung, Industrie 4.0, Handhabungstechnik**

## Flexible Roboterhandhabungssysteme

**Schnellere Inbetriebnahme mittels Kameras möglich**

**D. Berndt, T. Dunker**

*Eine Zielsetzung von Industrie 4.0 ist die hochflexible Produktion stark individualisierter Produkte. Eine Basistechnologie dafür ist die Planung von Produktionsabläufen mithilfe virtueller Modelle der Produkte und Produktionssysteme. Auch die Programmierung der Steuerung automatisierter Roboterhandhabungssysteme lässt sich mit digitalen Werkzeugen deutlich verbessern. Dies wird als Offline-Programmierung bezeichnet. Der Vorteil ist, dass die Anlage dafür noch nicht vorhanden sein muss, beziehungsweise nicht stillstehen muss. Aufgabe der hier betrachteten Handhabungssysteme ist das kollisionsfreie Aufnehmen und Ablegen zu bearbeitender Bauteile.*

### 1 Einleitung

Auf Basis von 3D-CAD-Modellen des Produktionssystems und der Produkte können mit Offline-Programmier-Werkzeugen Steuerungsprogramme entwickelt und am virtuellen Modell

bereits getestet werden. Funktionieren alle Abläufe im virtuellen Modell, so bleibt für die Inbetriebnahme die Herausforderung, dies auch für das reale Roboterhandhabungssystem in der Produktion sicherzustellen. Aufgrund von Abweichungen zwischen den Modellen (CAD, Robotermodell) und der realen Anlage müssen die Offline-Programme bei der Inbetriebnahme angepasst werden. Die letzten Millimeter und Zehntel werden durch manuelles Verfahren des Roboters korrigiert. Dabei werden Aufnahme- oder Ablagepositionen langsam angefahren und Abweichungen visuell geschätzt. Herausfordernd sind Positionen, deren Toleranzen nur geringfügig über der Wiederholgenauigkeit des Roboters liegen. Ob die richtige Position erreicht wurde, kann in vielen Fällen nur durch die korrekte Funktion des Nachfolgeprozesses geprüft werden, zum Beispiel ob das Bauteil nach Öffnen des Greifers in die Vorrichtung gleitet, ohne zu verkanten. Bei Fehlfunktion muss der Korrekturversuch wiederholt werden. Dies kann den mehrtägigen Stillstand einer Anlage erfordern. Ein häufigeres Umrüsten, welches durch kürzere Innovationszyklen zunehmen wird, ist so nicht umsetzbar (**Bild 1**).

### 2 Automatisiertes Anfahren ist das Ziel

Eine genaue Positionierung des Roboters ist jedoch nur für Aufnahme- und Ablagepositionen und kollisionskritische Bereiche wichtig. Entlang der übrigen Bewegungen können Abweichungen im Wesentlichen toleriert werden. Eine Kenntnis darüber, welchen Beitrag zu einer Abweichung der Roboter, das Greifwerkzeug oder die Vorrichtung liefert, ist nicht notwendig.

Dr.-Ing. Dirk Berndt, Dr. rer. nat. Thomas Dunker  
Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF  
Sandtorstr. 22, 39106 Magdeburg  
Tel. +49 (0)391 / 4090-224 oder -217  
dirk.berndt@iff.fraunhofer.de; thomas.dunker@iff.fraunhofer.de  
www.iff.fraunhofer.de

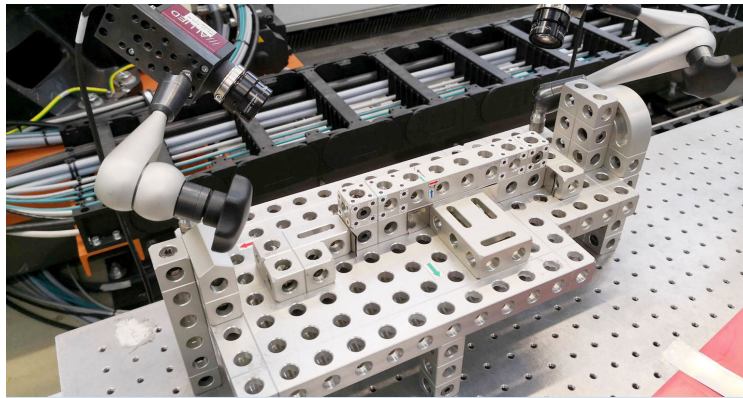
#### Dank

Die Ergebnisse wurden in einem Gemeinschaftsprojekt mit der Symacon GmbH aus Barleben erzielt, welches aus Mitteln des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) und des Landes Sachsen-Anhalt finanziert wurde.



**Bild 1. Roboterhandhabungssystem während des Aufbaus**

*Bild: Marcel Haase/Symacon GmbH/2016*



**Bild 2. Aufnahme und Bauteil für den Funktionsnachweis**

*Bild: André Jeromin/Fraunhofer IFF/2018*

Variationen in der Positionierung durch Schwankungen der Umgebungsbedingungen müssen nicht berücksichtigt werden.

Durch das Erfassen der Abweichung der Ist- von der Zielposition mithilfe eines berührungslos messenden Sensors soll das „langsame Anfahren“ automatisierbar werden. Damit können die Roboterbewegungen für die Inbetriebnahme ebenfalls offline geplant werden.

### **3 Optische Sensoren unterstützen das Finden der Zielposition**

Die Robotersteuerung kann die Roboterbewegung nur mit begrenzter Genauigkeit prognostizieren, da sie nicht alle lastabhängigen Einflüsse abbilden kann. Die gleiche Position kann der Roboter jedoch mit hoher Wiederholgenauigkeit anfahren.

Der erste Ansatz für eine Lösung des Problems sah vor, dass ein am Greifwerkzeug montierter optischer 3D-Sensor die Zielposition erfasst. Damit kann die genaue Lage der Zielposition in Bezug auf den Sensor ermittelt werden. Für die Ermittlung der Beziehung zwischen Sensor und Greifwerkzeug wurde eine Kalibrierungsmethode entwickelt, in die nur Roboterfehler in der Größe der Wiederholgenauigkeit eingehen. Die Zielposition in Bezug auf das Greifwerkzeug in der Roboterposition, mit der die Zielposition gemessen wurde, kann somit bestimmt werden. Das Werkzeug muss nur noch in diese Zielposition bewegt werden. Die Beziehung zwischen Werkzeug und Roboter kann aus den Kalibrierdaten ebenfalls ermittelt werden. Da nun jedoch die Positionswerte der Robotersteuerung verwendet werden müssen, ist der Fehler größer. Schließlich führt der Roboter die Bewegung zwischen Ist- und Zielposition mit mehreren Zehntel Millimetern Fehler aus. So kann eine Positionsgenauigkeit im Bereich der Wiederholgenauigkeit von etwa 50 µm nicht erreicht werden. Dieser Ansatz ist folglich nicht realistisch.

### **4 Neuer Ansatz erfolgreich**

Kann der Positionsfehler jedoch gemessen werden, so kann er iterativ verringert werden, bis die Wiederholgenauigkeit erreicht ist. Das ist die Idee des zweiten, letztlich erfolgreich erprobten Ansatzes. Das Bauteil wird dafür in der Zielposition

platziert und von einem festmontierten Sensor erfasst. Bei der Annäherung des robotergeführten Bauteils an die Zielposition wird die Abweichung gemessen und als Korrektur an die Robotersteuerung übermittelt.

Für den Funktionsnachweis wurde eine Aufnahme gebaut (Bild 2). Sie wurde mithilfe von Metallfolie so eingerichtet, dass zwischen dem einzulegenden Bauteil und der Aufnahme nur eine Lücke von 75 µm verblieb. Zwei Kameras erfassten die Ist-Vor- und Zielposition und steuerten die iterative Annäherung des Roboters an beide Positionen. Danach konnte das Bauteil kollisionsfrei in die Aufnahme geführt werden.

### **5 Flexible Unterstützung der Inbetriebnahme mit Kameras**

Das nun erfolgreich getestete technische System besteht aus Kameras und einem PC, der mit der Steuerung über TCP/IP kommuniziert. Auf Anforderung der Steuerung werden Positionen erfasst und Korrekturbewegungen zurückgegeben. Die Offline-Planung der Inbetriebnahme erfolgt in diesem Fall mit „Vincent“, einer vom Fraunhofer IFF entwickelten Softwareumgebung für virtuelle Steuerungsentwicklung. Hinzu kommt eine Sammlung von Methoden, beispielsweise zum Einrichten der Kameras mit Livebildern und eingeblendeten Sollkonturen, um bei der Inbetriebnahme möglichst effizient vorzugehen.

### **6 Inbetriebnahme deutlich schneller**

Die bei dieser Methode verbleibenden manuellen Tätigkeiten wie das Einrichten der Kameras haben nur noch geringe Genauigkeitsanforderungen. Die herausfordernde Suche der richtigen Zielposition wird von den Kameras und dem Roboter erledigt. Damit wird der Zeitbedarf für die Inbetriebnahme besser planbar und verkürzt sich. Außerdem besteht die Möglichkeit, dass der Betreiber der Anlage die Kameras einrichtet und der Hersteller per Fernwartung die Inbetriebnahme ausführt.

Für die entwickelte Methode ist ein Patentierungsverfahren anhängig. Mit Industriepartnern wird sondiert, wie eine kommerzielle Verwertung in Form eines Produkts umgesetzt werden kann.