

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung, IPA

Dipl.-Systemwiss. Christian Meyer

Dipl.-Ing. Timo Schäfer

Intuitive Industrieroboterprogrammierung – Kurzfassung

Die Programmierung von Industrierobotern ist heute zeitintensiv und erfordert einen hohen Einarbeitungsaufwand; für viele Aufgaben besonders in kleinen und mittleren Unternehmen und bei kleinen Losgrößen ist dies nicht rentabel.

Die in diesem Beitrag beschriebenen Techniken zur intuitiven Roboterprogrammierung ermöglichen den Einsatz von Industrierobotern auch bei kleinen Losgrößen oder sogar Einzelstücken: etwa wenn mit einem digitalen Stift erstellte Handskizzen automatisch in bemaßte CAD-Zeichnungen übertragen werden oder Roboterbahnen im Raum durch Vormachen definiert werden.

Intuitive Programming of Industrial Robots – Abstract

Today, programming of industrial robots consumes a lot of time and requires experienced personal; for many tasks, especially in small and medium-sized enterprises and with small lot sizes, this effort does not pay.

In this article we propose two means of intuitive robot programming to enable the automation of small lot sizes or even single work pieces: hand drawings made with a digital pen can be transferred into robot programs automatically; robot trajectories can be defined by guiding the robot using tactile feedback.

Intuitive Industrieroboterprogrammierung

Dipl.-Systemwiss. Christian Meyer

Dipl.-Ing. Timo Schäfer

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA

Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart

Schlagworte: Roboterprogrammierung, Mensch-Maschine-Schnittstelle, Digitale Stifte

Industrieroboter stellen heute eine Standard-Automatisierungskomponente in der Automobilindustrie, sie senken Kosten durch Rationalisierung. Aber nicht nur große Konzerne, auch kleine und mittlere Unternehmen (KMU) spüren den Kostendruck, der durch die industrielle Produktion und den internationalen Wettbewerb entsteht. Automatisierung mit Industrierobotern ist allerdings ein Weg, der für KMU bisher nur schwer gangbar ist: zu sehr sind Konzepte, Anwendungen und Infrastrukturanforderungen der Roboter auf die Situation der Konzerne zugeschnitten.

Dies soll durch das EU-Projekt SMERobot¹ geändert werden (SME = small and medium-sized enterprises). In SMERobot wird eine neue modulare und interaktive Robotergeneration entwickelt, die drei Ziele verfolgt:

- Der Roboter soll leicht erlernbare, intuitive Befehle verstehen.
- Er soll alle Sicherheitsvoraussetzungen erfüllen, um den Arbeitsplatz mit menschlichen Kollegen zu teilen.
- Er soll binnen drei Tagen installiert und in Betrieb genommen werden können.

Um dem Roboter leicht erlernbare Befehle geben zu können, werden in diesem Beitrag zwei Methoden zur intuitiven Programmierung von Robotern vorgestellt:

- Transfer von Handzeichnungen in Roboterprogramme
- Programmieren durch Vormachen.

Anwendbar sind diese Ansätze unter anderem zur Programmierung von Fräs- und Schneidbahnen, für Schleifaufgaben und den Auftrag von Klebstoffen.

Mit diesen Technologien ist es möglich, Roboter schnell und ohne lange Einlernzeit zu programmieren. Der Robotereinsatz wird auch für kleinere Losgrößen wirtschaftlich sinnvoll, die Wettbewerbsfähigkeit steigt.

¹ Siehe Homepage des Projektes SMERobot: <http://www.smerobot.org>

1 Erzeugung von Roboterprogrammen mittels digitaler Stifte

Die ideale Roboterprogrammierung muss vom erfahrenen Mitarbeiter nicht erst erlernt werden, er beherrscht sie bereits! Optimal wären die Methoden, mit denen er sich mit Kollegen abspricht oder die Arbeit dokumentiert. Neben sehr intuitiven Schnittstellen wie natürlichsprachlichen Dialogsystemen bietet sich hier die Zeichnung an:

1. Eine Handskizze wird angefertigt, etwa um die Maße für ein Werkstück festzuhalten.

Bisher wird diese Handskizze entweder vom Mitarbeiter direkt umgesetzt oder in ein CAD-System übertragen. Beim hier vorgestellten Ansatz des Fraunhofer IPA wird die Skizze direkt weiterverwendet, für den Mitarbeiter in nur einem Schritt:

2. Aus der Handskizze wird automatisch ein Roboterprogramm generiert. Intern geschieht das mit den folgenden Zwischenschritten:
 - Die Skizze wird in den Steuerrechner des Roboters eingelesen.
 - Die Geometrieelemente der Skizze werden extrahiert.
 - Bemaßung wird extrahiert und den Geometrieelementen zugewiesen.
 - Aus Geometrie und Bemaßung wird eine CAD-Zeichnung erstellt.
 - Aus der CAD-Zeichnung wird ein Roboterprogramm erstellt.

1.1 Anoto-Technologie

Um einen möglichst einfachen Arbeitsfluss zu gewährleisten, wird die Anoto-Technologie² eingesetzt: Die Handzeichnungen werden mit einem digitalen Stift erstellt, der über eine integrierte Kamera und ein Muster auf dem Papier die Zeichnung erkennt und speichert (Abbildung 1, links).



Abbildung 1: Zeichnung mit digitalem Stift (links), in Blech gravierte Zeichnung (rechts)

² Siehe Homepage der Anoto-Group (Lund, Schweden): <http://www.anoto.com>

So gelangen die Zeichnungsdaten ohne den Umweg über einen Scanner in den Computer. Außerdem erleichtern zusätzliche Informationen die Bilderkennung: eine zeitliche Einordnung der Bildpixel und die Definition von unterschiedlichen Layern.

1.2 Erzeugung von CAD-Dateien aus technischen Handzeichnungen

Notwendig für den Einsatz einer solchen Zeichenschnittstelle ist die Erzeugung bemaßter Zeichnungen, neben den Formen müssen Längen, Winkel und Radien enthalten sein. Das reine Einlesen der gezeichneten Linien reicht nur in wenigen Fällen, etwa beim Gravieren von Schriftzügen.

Es ist also eine Verarbeitungsstufe notwendig, die aus den Handzeichnungen CAD-Daten macht (siehe Abbildung 2).

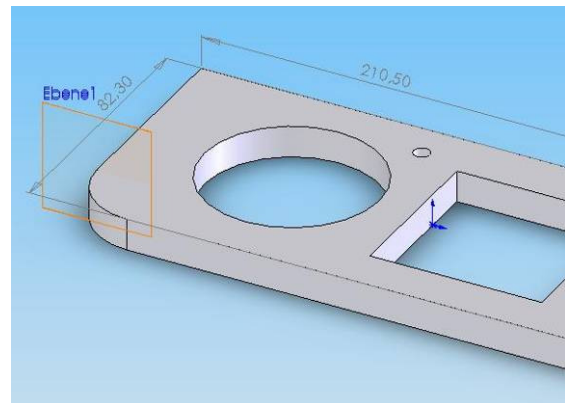
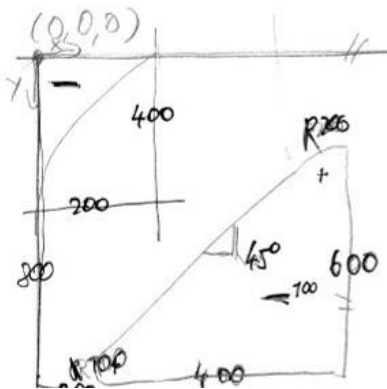


Abbildung 2: Zeichnung mit Anoto-Pen und resultierende CAD-Zeichnung (Beispiele)

Erkannt werden bisher die folgenden Zeichnungselemente:

- Linien
- Kreise und Kreisabschnitte
- Längenbemaßungen
- Winkelbemaßungen

1.3 Anwendungsszenarien

Mit diesen bisher realisierten Funktionalitäten lassen sich etwa Zeichnungen für Küchenplatten anfertigen und umsetzen, einfache Bauteile mit Ausschnitten und klaren Formen. Für sie ist die Fertigung wesentlich schneller als im bisherigen Einzelfertigungsprozess.

2 Programmierung durch Vormachen

Neben dem Zuschnitt von Bauteilen ist die Definition von Roboterbahnen im Raum eine Möglichkeit, intuitive Methoden zur Roboterprogrammierung zu verwenden.

Anwendungsfälle sind:

- Definition von Roboterbahnen zum Klebstoffauftrag
- Schleifen von Bauteilen
- Bauteilhandling zur Maschinenverkettung.

Auch hier besteht die Zielsetzung, dem erfahrenen Mitarbeiter die Programmierung des Robotersystems zu ermöglichen. Die Einlernzeit wird drastisch verkürzt, ebenso wie die Programmierzeit der einzelnen Aufgabe.

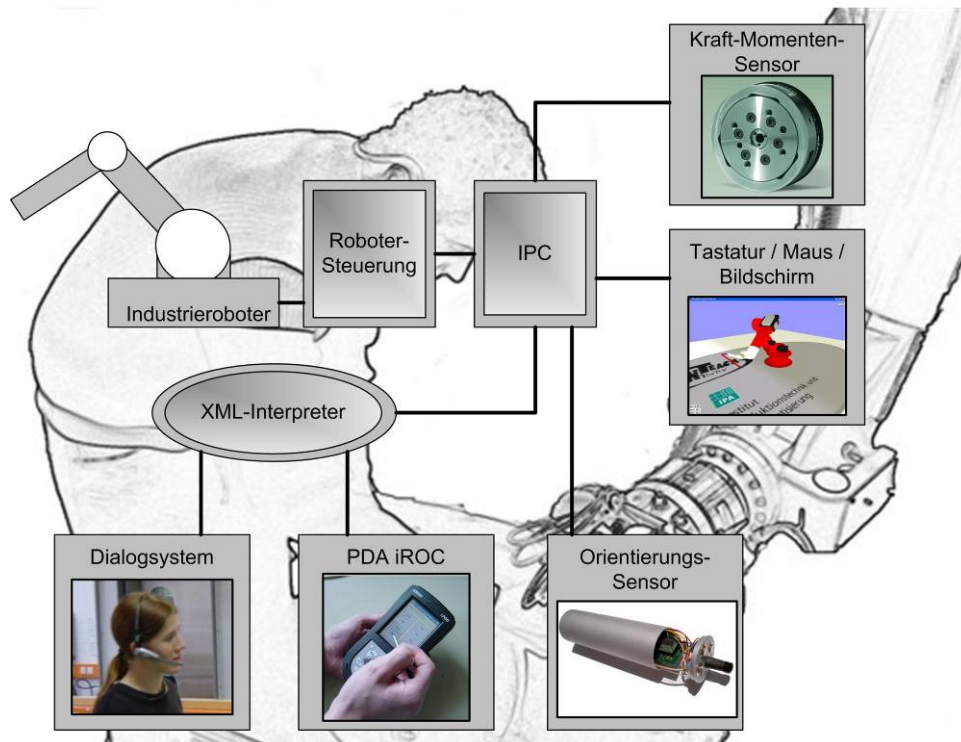


Abbildung 3: Komponenten des InTeach-Programmiersystems

Ein Kernelement der am Fraunhofer IPA entwickelten Programmierumgebung InTeach ist die Führung des Roboters durch einen Kraft-Momenten-Sensor (KMS). Dieser Sensor nimmt taktile Impulse auf und verfährt den Roboter entsprechend; durch Schieben, Drücken und Ziehen des Roboters.

Die Bahnen, die der Roboter dabei verfährt, lassen sich speichern und nach entsprechender Nachbearbeitung wieder abfahren. Neben dem KMS als taktile Schnittstelle sind sprachliche und grafische Interfaces vorhanden. Eine Einarbeitung in komplexere Schnittstellen wie Programmierhandgeräte wird überflüssig.

2.1 Bahnnachbearbeitung

Nach der Aufnahme der Roboterbahn ermöglicht ein grafisches Tool eine Nachbearbeitung, einerseits um Fehler zu korrigieren und die Bahn zu glätten, andererseits zur Integration des Prozesses: Setzen der Geschwindigkeit und der Ein- und Ausgänge. In Abbildung 4, links, ist die 3-D Oberfläche mit der aufgenommenen Bahn und einer Ausgangs-Flanke dargestellt.

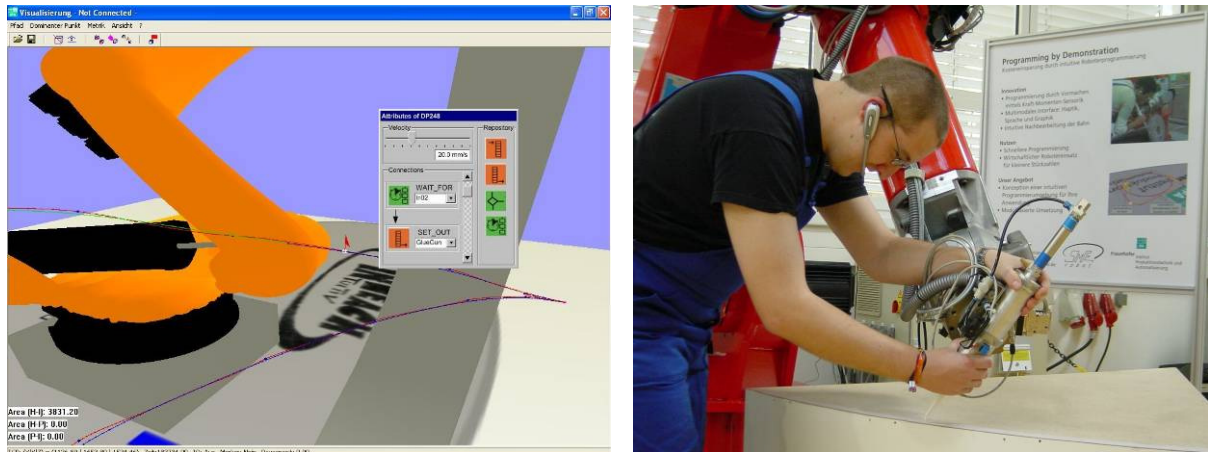


Abbildung 4: Grafische Oberfläche zur Trajektorienachbearbeitung (links), Kleben von geschwungenen Bauteilen (rechts)

2.2 Anwendungsbeispiele

In Abbildung 4 rechts wird der Bearbeitungsprozess dargestellt. Ein geschwungenes Werkstück wird mit Klebstoff versehen. Die Programmierung dieser im Raum gekrümmten Bahn ist bei Verwendung von Standardmethoden aufwändig, mit der Programmierumgebung InTeach kann sie innerhalb von Minuten definiert werden.

3 Zusammenfassung

In diesem Beitrag wurden zwei intuitive Möglichkeiten zur Programmierung von Industrierobotern diskutiert. Sowohl die Roboterprogrammierung mittels digitaler Stifte als auch die InTeach Programmierumgebung erlauben es dem erfahrenen Mitarbeiter, automatisierte Abläufe sehr schnell einzurichten.

Dies führt dazu, dass die Programmierzeit auch bei kleinen Losgrößen akzeptabel ist und die Automatisierung mit Industrierobotern sich für kleine Stückzahlen lohnt.

Acknowledgment: This work has been funded by the European Commission's Sixth Framework Programme under grant no. 011838 as part of the Integrated Project SMERobot.