

KME – Kompetenzzentrum Mittelstand GmbH

Zukunft durch Innovation und Forschung

AdhocMRK - Ad hoc integrierbare kollaborierende Robotersysteme für teilautomatisierte Montageprozesse

Der Einsatz von Robotern in der Montage scheitert in mittelständischen Unternehmen oft an mangelnder Flexibilität, Sicherheitsaspekten und der aufwändigen Programmierung dieser Systeme. In diesem Forschungsvorhaben soll ein ad hoc integrierbares System für genau diese Anforderungen entwickelt werden.

Problemstellung

Die Fertigung und Montage hochwertiger mechatronischer Produkte im bayerischen Mittelstand ist häufig von hohem Variantenreichtum und somit von geringer Losgröße gekennzeichnet. Dies stellt extrem hohe Anforderungen an die Flexibilität in der Montage und geht daher mit einem hohen Einsatz von Personal einher. Zur Aufrechterhaltung und Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit am Produktionsstandort Bayern ist eine Erhöhung des Automatisationsgrads zur Kostenreduktion notwendig.

Der Einsatz kollaborierender Roboter, welche direkt zur Erledigung einzelner Teilaufgaben in sonst weitgehend manuellen Montagelinien eingebunden werden können, bietet die Möglichkeit, das Flexibilitätspotenzial des Menschen optimal auszuschöpfen und gleichzeitig durch eine schrittweise Erhöhung des Automatisationsgrads Montagezeit, Personal und damit Kosten einzusparen.

Diese spezifische Situation in mittelständischen Unternehmen stellt sehr hohe Anforderungen an die Flexibilität, die einfache Programmier- bzw. Einrichtbarkeit und an die Sicherheit eines solchen Robotersystems.

Zielsetzung

Dieses Forschungsvorhaben verfolgt das Ziel, ein hochflexibles, ad hoc integrierbares System für kollaborierende Roboter zum Einsatz in teilautomatisierten Montagelinien zu entwickeln.

Der Roboter soll bei Bedarf flexibel an beliebigen Stellen in eine vorhandene Linie integriert werden können und dort, möglicherweise auch nur phasenweise, einzelne Montageschritte übernehmen. Solche Montageschritte sind beispielsweise Handlingstätigkeiten, wie etwa das Aufnehmen und Zureichen von Teilen, das Einlegen in eine Vorrichtung oder einen Montageträger und einfache Prüfschritte, bei denen ein Teil in einen Prüfautomaten eingelegt und wieder entnommen wird.

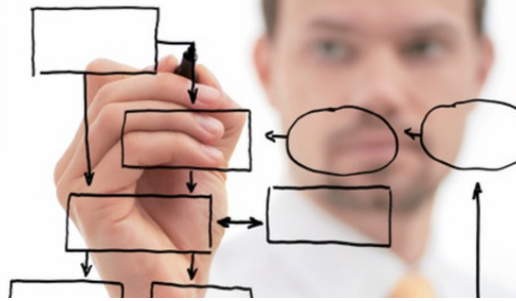
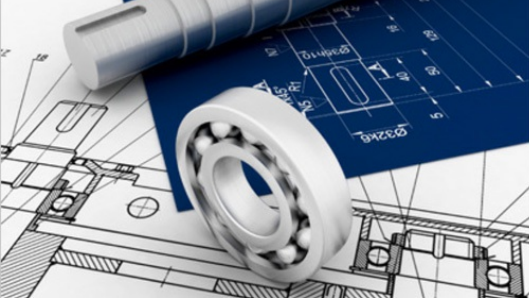
Die Programmierung und Einrichtung des Roboters stellt auf Grund der geforderten hohen Flexibilität bei kleinen Losgrößen eine besondere Herausforderung dar. Ziel ist es, diese so zu gestalten, dass sie von einem Einrichter bzw. Vorarbeiter ohne besondere Programmierkenntnisse in wirtschaftlich akzeptabler Zeit durchgeführt werden kann. Der Einrichter soll hierzu aus einer Liste vorgefertigter Grundoperationen ein Montagerezept für den jeweiligen individuellen Einsatzfall er-

stellen können, welches dann durch maschinelles Lernen, gegebenenfalls ergänzt durch einige manuelle Einlernschritte, automatisiert zu einem funktionierenden Ablauf ergänzt wird. Das Robotersystem wird hierzu mit geeigneter Sensorik ausgestattet.

Das Robotersystem soll mit einem User-Interface (UI) aus Sprache, Gesten, optischen und akustischen Signalen ausgestattet werden, welches eine, bis zu einem bestimmten Komplexitätsgrad, natürliche Kommunikation zwischen den Workern und dem Roboter erlaubt. Über dieses UI kann der Roboter mit dem Worker in der Line bestimmte definierte Informationen austauschen. Dies sind beispielsweise Störungen, Gefährdungssituationen oder etwa auch, wenn ein Teil nicht passend ausgerichtet ist oder außerhalb der Reichweite liegt und deshalb nicht gegriffen werden kann. Auch der Worker soll mit dem Roboter interagieren können, z. B. um den Arbeitsablauf des Roboters zu starten, zu stoppen oder um die Geschwindigkeit zu ändern. Auch manuelle Einlernschritte sollen über dieses Interface getriggert werden.



Eine besondere Herausforderung ist das Sicherheitskonzept, da sich die Arbeitsbereiche von Mensch und Roboter überschneiden und ein gleichzeitiges Arbeiten von Roboter und Worker möglich sein muss. Hierzu ist ein normkonformes Sicherheitskonzept zu entwickeln.



Vorgehensweise

AP1: Analyse typischer Montageprozesse

Zu Beginn erfolgt in enger Zusammenarbeit mit den Projektpartnern eine umfassende Analyse und Auswahl typischer Montageschritte, welche sich zur Automatisierung eignen. Der Fokus liegt auf Schritten, welche nur eine geringe kognitive Leistung darstellen und seitens des Werkers nur wenig Flexibilität oder manuelles Geschick erfordern. Die Wirtschaftlichkeit einer Teilautomatisierung ist nachzuweisen.

AP2: Definition der Anforderungen

Auf Basis der ausgewählten Montageschritte und des aktuellen Stands der Technik werden in enger Abstimmung mit den Projektpartnern die Anforderungen an das Robotersystem definiert und priorisiert. Ein wichtiger Fokus liegt auf räumlichen, organisatorischen und sicherheitstechnischen Randbedingungen und der Festlegung des Kommunikations- bzw. Interaktionsbedarfs zwischen Roboter und Werker. Dieser Schritt beinhaltet auch die Auswahl geeigneter kommerziell verfügbarer Roboter.

AP3: Konzipierung der Grundoperationen

Die identifizierten Montageschritte werden in Grundoperationen gegliedert. Für die einzelnen Grundoperationen sind Parameter zu definieren, welche nötig sind, um die Grundoperationen selbst möglichst generisch implementieren zu können und dann im Rahmen einer Rezeptur daraus flexibel einen vollständigen Ablauf generieren zu können. Solche Parameter sind einerseits geometrische Parameter, z. B. Orte und Lagen von Bauteilen, aber auch Parameter wie etwa die Art des Endeffektors (Greifer) und dessen Funktionen und Eigenschaften. Für jeden Parameter ist festzulegen, ob dieser bei der Rezepterstellung angegeben wird oder ob dieser erlernbar sein soll, wie etwa die Position und Lage von Bauteilen.

AP4: Sicherheitskonzept

Für die einzelnen Grundoperationen ist unter Beachtung der Rahmenbedingungen ein individuelles und normkonformes Sicherheitskonzept zu entwickeln und nachzuweisen. Jede Grundoperation muss in sich sicher sein, und es werden Rahmenbedingungen, wie etwa die Art und Form der Teile, des Greifers und des Bewegungsradius definiert, unter denen die einzelnen, in sich sicheren Grundoperationen auch im Gesamtprozess noch sicher sind.

AP5: Entwurf des Robotersystems

Zur flexiblen Ad hoc Integration des Roboters in die Montagelinie soll der Roboter verfahrbar und mit geeigneten standardisierten Anschlussmöglichkeiten ausgestattet werden. Diese sind in diesem Schritt festzulegen. Ebenso ist die benötigte Sensorik, insbesondere Sensorik für das Sicherheitskonzept, zur Kommunikation und für das Selbstlernen auszulegen. Zu Versuchszwecken wird abschließend ein geeigneter Laborprüfstand gebaut.

AP6: Entwurf des Userinterface

Ausgehend von den Anforderungen ist mit den Methoden der Usability (nutzerzentriertes Design) ein geeignetes UI zu entwerfen und mittels Usability-Tests zu validieren. Die Benut-

zungstests dienen auch der Sicherstellung der Akzeptanz des Systems bei den zukünftigen Anwendern in der Montage. Dieser Schritt enthält auch den Entwurf und die Definition von Schnittstellen, mit denen das UI an die Steuerung angebunden wird.

AP7: Entwicklung der Programmgenerierung

Dieses Arbeitspaket stellt eine Kernaufgabe dar. Es werden die Algorithmen entwickelt, mit denen aus dem von einem Einrichter erstellten Rezept aus Grundoperationen ein funktionierendes Steuerprogramm generiert wird. Dies beinhaltet auch Algorithmen zum Selbstlernen und maschinellen Einlernen von Parametern, wie etwa das Identifizieren der Form und Lage der Bauteile und das Erkennen möglicher Greifpositionen. Auch die Einbindung des User-Interface und das Ansprechen des UI aus dem Rezept ist Teil dieses Arbeitspaketes. Sicherheitsaspekte sind eine wichtige Rahmenbedingung.

AP 8: Aufbau eines Demonstrators

In Zusammenarbeit mit den Partnerunternehmen erfolgt der abschließende Bau eines Demonstrators, an dem das Gesamtkonzept, die Programmierung, das UI und insbesondere auch das Sicherheitskonzept abschließend getestet bzw. verifiziert werden.

Ergebnisse / Nutzen

Zur Aufrechterhaltung und Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit der produzierenden Unternehmen des bayerischen Mittelstands werden flexible und leicht in bestehende und bewährte Montagelinien integrierbare Automatisierungssysteme benötigt. Das im Rahmen dieses Forschungsvorhabens entstehende Konzept bietet den Unternehmen diese Möglichkeit. Insbesondere Unternehmen, die hochwertige und variantenreiche Produkte in teil- oder nichtautomatisierten Linien fertigen, können von den Ergebnissen direkt profitieren. Die hier entwickelten Methoden zur Strukturierung von Montagetätigkeiten in einzelne, in sich sichere und qualifizierte Grundoperationen, aus denen schnell flexible individuelle Fertigungsrezepte erstellt werden können, lassen sich zudem leicht auf andere Anwendungsfälle übertragen. Zentraler und neuer Baustein sind dabei die Funktionen zum Selbstlernen der von den Grundoperationen benötigten Parameter und das dazugehörige UI.

Forschungspartner

Prof. Dr.-Ing. Ronald Schmidt-Vollus
Forschungsprofessur für Steuerungstechnik
Prof. Dr.-Ing. Peter Heß
Professur für Produktionsautomatisierung und Angewandte Informatik
Technische Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm

Projektpartner

DEHN + SÖHNE GmbH + Co.KG., robominds GmbH, Schaeffler Technologies AG & Co. KG, Swoboda KG, Universal Robots (Germany) GmbH, Wieland Electric GmbH, Wöhner GmbH & Co. KG