

# **Ein flexibel einsetzbares Robotersystem für variierende Aufgaben in der Maschinenbeschickung**

## **Flexibly Deployable Robot System for Varying Tasks in Machine Tending**

**Björn Matthias, Fan Dai, Kuno Hug, Sönke Kock, Andrew Lau, Rolf Merte, Wolfgang Waldi, Josef Wittmann, Ladenburg; Kevin Behnisch, Friedberg; Armin Pühringer, Meerbusch; Sebastian Hoffmann, Siegfried Prinz, Großlehna; Otto Fernholz, Armin Klebanowski, Berlin; Norbert Ahlbehrendt, Alfred Neumann, Berlin; Carlos Almeida, Christian Brecher, Andreas Kahmen, Ben Schröter, Manfred Weck, Aachen; Peter Krüger, Erlangen; Otto Görnemann, Holger Pfeil, Düsseldorf; Markus Herchel, Joachim Hümmler, Bernd Schützle, Bernd Wieselmann, Geislingen/Steige**

### **Kurzfassung**

Der Einsatz von Robotersystemen wird oft durch den hohen Anfangsaufwand von Installation und Programmierung beschränkt. Insbesondere bei kleinen und mittleren Unternehmen rechnet sich in vielen Fällen die Investition eines festinstallierten und für eine Anwendung speziell vorbereiteten Roboters nicht, da Fertigungsstückzahlen relativ klein sind und die Auslastung eines Roboters gering wäre. Dieser Beitrag präsentiert ein Konzept für den flexiblen Einsatz eines Robotersystems, das sich schnell von einer Arbeitsstation zu einer anderen transportieren und für verschiedene Werkstücke und Maschinen anpassen lässt. Dieses Forschungs- und Entwicklungsprojekt wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) innerhalb des Rahmenkonzeptes „Forschung für die Produktion von morgen“ (Förderkennzeichen 02PH2020) gefördert und vom Projektträger des BMBF für Produktion und Fertigungstechnologien (PFT), Forschungszentrum Karlsruhe betreut.

### **Abstract**

Applying industrial robots to manufacturing tasks often entails significant effort for installation and programming. Where parts throughput is limited or where machines are not fully

booked, this may render a fixed and specialized robot system economically ineffective, particularly for small and medium-sized enterprises. This paper presents a concept for a flexibly deployable industrial robot system, which can be transported quickly from one working location to another and which can be adapted easily to varying work pieces and to different tasks. This research and development project is funded by the German Federal Ministry for Education and Research (BMBF) within the national "Research In Production For Tomorrow" Programme (grant number 02PH2020) and managed by the Project Agency for Production and Manufacturing Technologies (PFT), Forschungszentrum Karlsruhe.

## **1. Einleitung**

Insbesondere in kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) ist der Einsatz von Industrierobotern noch selten, und auch die Maschinenbeschickung erfolgt meist noch manuell. Industrieroboteranwendungen für die Handhabung und Maschinenbeschickung werden heutzutage von Experten für den individuellen Einsatz geplant, installiert und programmiert. Die Roboter werden auf dem Boden oder auf Tragekonstruktionen festverschraubt. Für den Personenschutz sind Sicherheitszäune vorgeschrieben, die das Eindringen von Personen in den Arbeitsbereich des Roboters während des Betriebs verhindern. Für die vorgesehenen Handhabungsaufgaben ist der Roboter jeweils speziell zu programmieren.

Da KMUs unter hohem Kostendruck bei ständig wechselnder Auftragslage produzieren müssen, ist der Einsatz von gängigen festinstallierten, für eine Aufgabe vorbereiteten Industrierobotersystemen oftmals nicht effizient. Die hohen Investitions- und Betriebskosten konventioneller Lösungen tragen sich bei relativ kleinen Stückzahlen und geringen Auslastungen der Maschinen nicht. Darüber hinaus erfordern die Installation und Bedienung von Industrierobotern Fachwissen, dessen Aneignung für die Belegschaft kleiner Unternehmen keine Selbstverständlichkeit ist.

Die Herausforderung ist, ein System zu schaffen, das unter diesen Randbedingungen wirtschaftlich arbeitet. Die Entwicklung und prototypische Verifikation eines solchen Systems ist das Ziel des vom BMBF unterstützten Verbundprojekts „Porthos – Portable Handhabungssysteme für den ortsflexiblen Einsatz in der Produktion“.

## **2. Das Konzept von Porthos**

Um den Zugang zur Verwendung von Industrierobotern bei KMUs zu erleichtern und wirtschaftlich vorteilhaft zu machen, ist es notwendig, die Bedienbarkeit und die Flexibilität

der Robotersysteme derart zu verbessern, dass bei geringem Aufwand für Einrichtung und Programmierung die Auslastung möglichst hoch gehalten werden kann.

Es ist daher notwendig, ein portables Robotersystem zu entwickeln, das auf einfache Weise in verschiedenen Bearbeitungszellen eingesetzt werden kann, sich automatisch an seine Umgebung anpasst, intuitiv programmiert wird und seinen Gefahrenbereich mittels Sensoren überwacht. Dies bedeutet für das Projekt Porthos, dass folgende Teilziele erreicht werden müssen [1]:

- Leicht versetzbares Robotersystem, portabler mechanischer Aufbau
- Absicherung des Gefahrenbereichs durch mitgeführte mechanische und sensorische Vorrichtungen für die Personensicherheit
- Anpassungsfähigkeit an eine Auswahl von Aufgaben durch flexible, sensorbasierte Handhabung
- Intuitiv zu bedienende Oberfläche zur Einrichtung in neuen Zellenumgebungen, zur Programmierung von neuen Handhabungsaufgaben und zum einfachen Regelbetrieb
- Einheitliche Kommunikationsplattform zur Anbindung an andere Zellenkomponenten

### 3. Portabler mechanischer Aufbau

Das Porthos-System muss ohne großen Aufwand und als eine Einheit von einer Einsatzstelle zu einer anderen bewegt werden können, damit das System eine möglichst hohe Auslastung erreichen kann.

Um diese Mobilitätsanforderung zu erfüllen, sind alle Komponenten des Porthos-Systems auf einer Stahlplattform montiert (siehe Bild 1). Diese Einheit kann entweder auf einem Hubwagen, durch einen Gabelstapler oder auf eigenen Rollen bewegt werden.

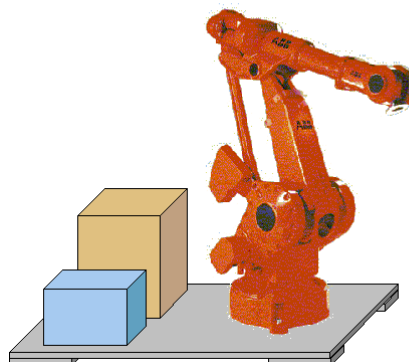


Bild 1: Schematische Darstellung der Plattform mit Manipulator, Steuerung und zusätzlichen Peripherien.

Die Versorgung des Systems mit elektrischer Energie, Medien (z.B. Druckluft, Wasser) und Kommunikation (z.B. Datennetzwerk, Feldbusanbindung) lässt sich über wenige Verbindungen herstellen und lösen. Hierbei ist die Vorbereitung der Einsatzzelle auf den Anschluss des Porthos-Systems vorausgesetzt.

Ein Industrieroboter im Betrieb muss fest am Boden der Werkshalle verankert sein. Daher befinden sich an der Plattform Vorrichtungen, die mit Gegenstücken im Hallenboden eine schnelle Verriegelung sowie Lösung erlauben.

#### 4. Personensicherheit

Um der Mobilitäts- und Flexibilitätsanforderung auch beim Sicherheitssystem Rechnung zu tragen, muss sich das Porthos-System bei der Absicherung der Gefahren durch den Roboter auf Vorrichtungen stützen, die auf der Plattform mitgeführt werden. Diese Vorrichtungen können eine Kombination aus verschiedenen Sicherheitssensoren sein, aber auch feste Begrenzungen der Roboterachsen sind möglich. Für eine typische Maschinenbeschickungszelle zeigt Bild 2 eine mögliche Kombination von Achsbegrenzung und sensorischer Überwachung von verbleibenden Gefahrenzonen [2].

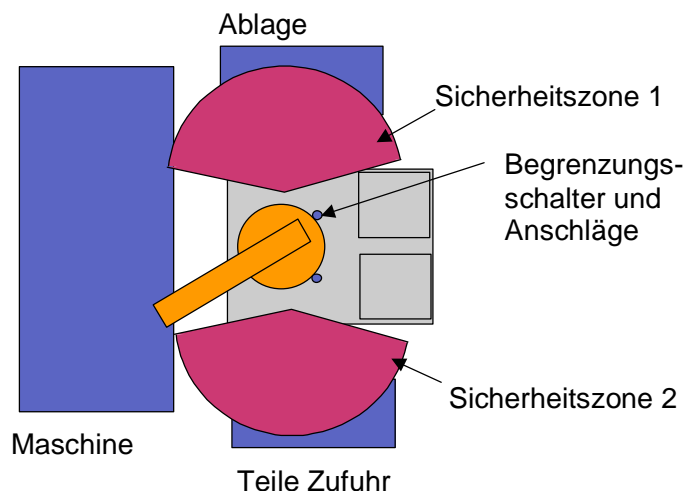


Bild 2: Schematische Darstellung eines sensorgestützten Sicherheitskonzepts.

Die konkrete Realisierung eines Schutzkonzepts muss immer den tatsächlichen Gegebenheiten der kompletten Zellenumgebung Rechnung tragen und den geltenden Sicherheitsnormen entsprechen. Die Auswahl der Sicherungsmaßnahmen und –sensoren, sowie deren Anordnung, wird unter Kenntnis der beabsichtigten Einsatzorte des Systems getroffen, gegebenenfalls mit Kopplung der Sicherheitskreise von Zelle und Porthos-System.

## **5. Flexible, sensorbasierte Handhabung**

Flexibler Einsatz des Robotersystems bedeutet neben Ortsflexibilität vor allem, dass der Roboter unterschiedliche Aufgaben ausführen kann. Das heißt, er muss in verschiedenen Situationen (Zellenkonfiguration, Arbeitsmittelpositionen, etc.) verschiedene Werkstücke handhaben. Dies setzt sowohl sensorische Umgebungs- und Werkstückdaten als auch anpassungsfähige Greifelemente voraus.

Ein modulares Servo-Greifsystem wird konzipiert und entwickelt, welches sich an unterschiedliche Werkstücktypen anpasst. Anhand von Sensordaten werden die optimalen Greifpositionen ermittelt. Grundsätzlich sind dafür sowohl im Greifersystem integrierte, als auch am Roboter oder in der Zelle installierte Sensoren nutzbar. Die integrierte Verarbeitung der Sensordaten soll es ermöglichen, die für die jeweilige Anwendung optimale Kombinationen von Sensordaten zu erhalten.

Erst die konkrete Auswahl von Einsatzfällen für ein Porthos-System legt die für die Anpassung notwendige Information fest und erlaubt die Wahl des Mess- und Auswerteverfahrens. Wesentliche Kriterien dabei sind u.a. die Robustheit und Umgebungsbedingungen, Montagebedingungen und Raumbedarf, Informationsgehalt und Genauigkeit, Messzeiten und Datenraten, Steuerungsanforderungen und Schnittstellen sowie Kosten.

Um diesen vielfältigen Gestaltungsanforderungen gerecht werden und ein breites Anwendungsspektrum erreichen zu können, wurde ein modulares Sensorkonzept zu Grunde gelegt, das in seiner applikationsspezifischen Auslegung/Ausbaustufe konfigurierbar und in seinen Teilkomponenten kombinierbar ist. In Bild 3 ist das ausgebaute Systemkonzept schematisch dargestellt [3]. Es enthält die Messstrategie unter möglichem Einbezug der Roboter-Freiheitsgrade, die Messwertvorverarbeitung zu einheitlichen Messinformationen für die Informationsverarbeitung zu steuerungsrelevanten Informationen, wie auch den Informationstransfer.

Im Projekt Porthos sollen beispielhaft die sensorgestützte bis automatische Kalibrierung und der sensorgestützte Toleranzausgleich in unterschiedlichen Kombinationen und Auslegungen bezüglich Verfahren und Messwertgeber entwickelt und erprobt werden. Als Sensoren werden Abstandssensoren, Laserlichtschnitt-Sensoren und bildgebende Sensoren als alternative Lösungsvarianten auch gleichartiger Problemstellungen eingesetzt.

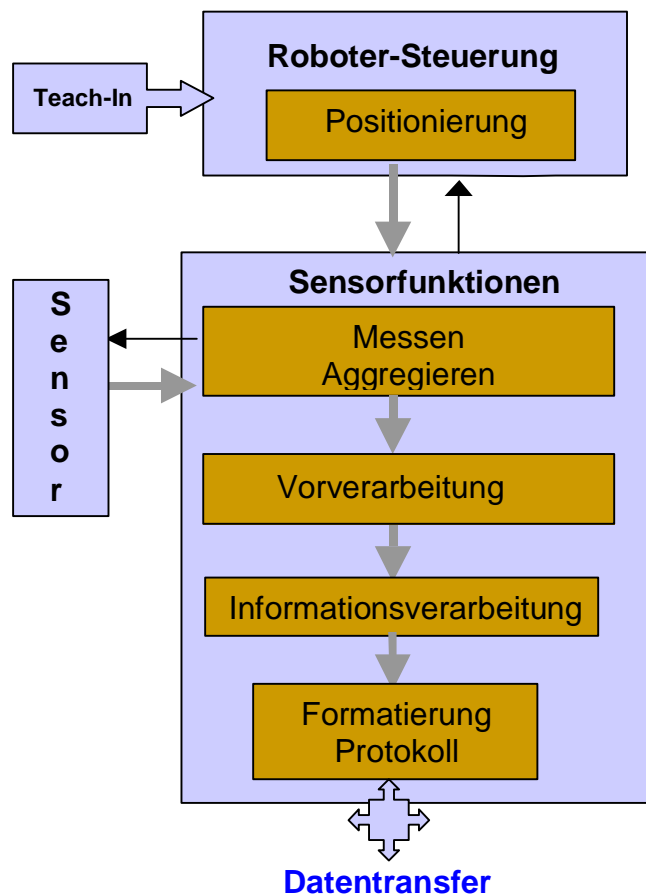


Bild 3: Schematische Darstellung des Sensorkonzeptes für das Porthos System.

## 6. Einrichtung, Programmierung und Betrieb

Sowohl für den Ersteinsatz, als auch für den Wechsel der Arbeitszelle oder der Handhabungsaufgabe, müssen wir den Zeit- und Arbeitsaufwand soweit wie möglich reduzieren, damit die Produktion schnellstmöglich wieder aufgenommen werden kann. Durch den portablen mechanischen Aufbau kann der Industrieroboter relativ einfach an die neue Arbeitszelle angeschlossen werden. Danach erfolgt die Einrichtung, Kalibration und Programmierung. Da bei KMUs in der Regel kaum Personal mit Roboter-Fachwissen zur Verfügung steht, müssen diese Schritte entsprechend einfach und intuitiv möglich sein.

Die Programmierplattform, in der die Zielsetzungen umgesetzt wurden, baut auf einem zweistufigen Benutzungskonzept auf (Bild 4 [4]). In der ersten Phase wird ein Datenmodell der Roboterzelle erstellt, welches alle zur Programmerstellung notwendigen Informationen enthält. Das Modell wird aus einer Bibliothek von vordefinierten Komponenten zusammengesetzt, die durch eine entsprechende Parametrisierung an die reale Zelle

angepasst werden können. Außerdem besteht die Möglichkeit, der Bibliothek eigene Komponenten hinzuzufügen.

Danach werden die Operationen, die in der jeweiligen Arbeitszelle von dem Roboter durchgeführt werden sollen, parametrisiert. Diese Phase der Programmierung erfolgt einmal für jede Arbeitszelle und für unterschiedliche Werkstücke, jedoch noch ohne konkrete Roboterprogramme zu generieren. Hierbei wird ein gewisses Robotik- und Anwendungswissen gefordert. Daher werden diese Modellierungsarbeiten in der Regel auch von einem Anwendungsingenieur mit Robotikkenntnissen bzw. mit Unterstützung von Robotikexperten durchgeführt. Für die Dauer dieser Phase wird der Bediener von der Programmierplattform angeleitet, so dass eine vollständige Modellierung der Roboterzelle gewährleistet ist.

An die Modellierung schließt sich die sogenannte Betriebsphase an, die nach jeder Umpositionierung des Roboters oder bei jedem Aufgabenwechsel erfolgt. Dabei werden das Zellenmodell und die Zellen Daten an die jeweilige Zelle adaptiert und kalibriert. Danach wird die Handhabungsaufgabe durch die grafisch-interaktive Zusammensetzung einzelner Operationen, wie z.B. „Entnahme Bauteil aus Rohteillager“, definiert. Diese Operationen sind im Zellenmodell beschrieben und stehen hier zur Auswahl zur Verfügung. Der so erstellte Ablauf von Operationen wird dann automatisch in ein Roboterprogramm übersetzt und vom Roboter ausgeführt.

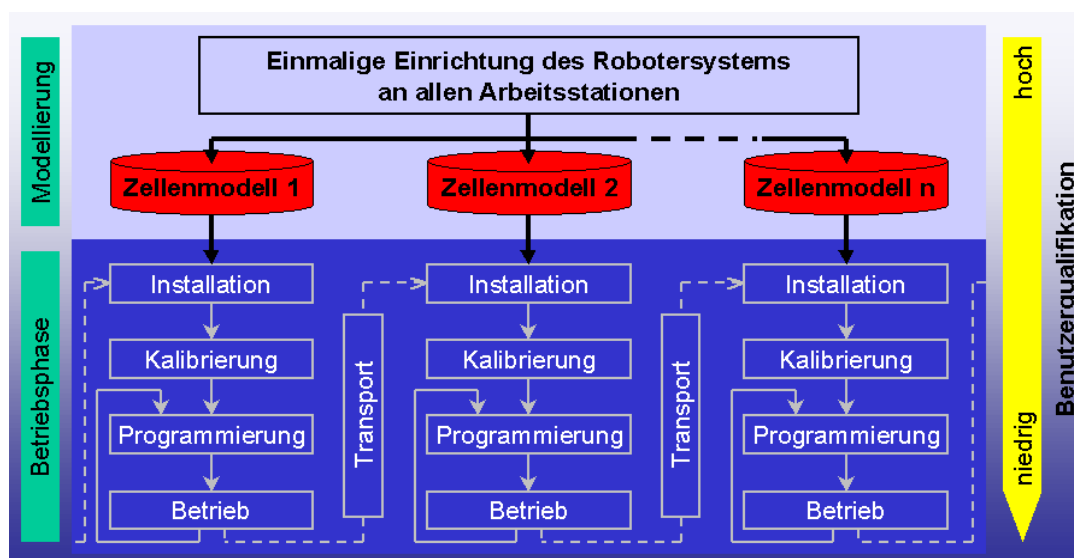


Bild 4: Zweistufiges Porthos-Benutzungskonzept.

Die Adaption und Kalibrierung von Zellen Daten kann je nach Konfiguration des Robotersystems auf zwei Weisen erfolgen: interaktiv oder automatisch. Im interaktiven Modus wird der Bediener angeleitet, bestimmte Parameter und Optionen auszuwählen und

den Roboter mithilfe des Programmierhandgeräts zu verfahren. Im automatischen Modus, wobei der Roboter dann die integrierten Sensoren nutzt, werden sensorbasiert Zellenobjekte erkannt und Positionen kalibriert. Das oben beschriebene Sensorkonzept kommt auch hier zum Tragen.

## **7. Schlußbemerkungen**

Der Einsatz von Industrierobotern in kleinen und mittleren Unternehmen erfordert die Entwicklung von flexiblen, intelligenten und leicht bedienbaren Systemen. Die Roboter müssen ortsflexibel sein und sich schnell an wechselnde Einsatzumgebungen und Aufgaben anpassen können. Der Zeitaufwand für die Umrüstung muss kurz und die Bedienung muss von angeleiteten Arbeitern durchführbar sein. Nur so kann die Anforderung an wirtschaftliche Nutzung bei stark wechselnder Auftragslage und geringer Auslastung einzelner Arbeitsmaschinen erfüllt werden.

Das hier beschriebene Konzept integriert flexible mechatronische und informationstechnische Komponenten in ein Gesamtsystem, welches diesen Anforderungen gerecht werden soll. Das Konzept wurde im Rahmen des Projektes „Porthos“ entwickelt und ein erster Prototyp des Systems wurde realisiert. Pilotinstallationen bei den im Projekt mitarbeitenden Endanwendern werden die Funktionalitäten und Nutzbarkeit des Systems prüfen und demonstrieren.

## **8. Literatur**

- [1] Weck, M., Almeida, C.: „Porthos – Portable Handhabungssysteme für den ortsflexiblen Einsatz in der Produktion“ – Rahmenplan, 2002-11-15. Siehe auch die Projekt-Webseite: <http://www.porthos-roboter.de> .
- [2] Matthias, B. et. al.: Ein flexibles Robotersystem für Maschinenbeschickung und Materialhandhabung; Beitrag zum 2. Paderborner Workshop „Intelligente mechatronische Systeme“, 25.-26. März 2004, Paderborn.
- [3] Ahlbehrendt, N. et. al.: Sensortechnik für den ortsflexiblen Robotereinsatz.; Posterbeitrag, Robotik 2004, München.
- [4] Brecher, C. et. al.: Intuitiv bedienbare Programmiersysteme zur effizienten Programmierung von Handhabungsaufgaben; Vortragsbeitrag, Robotik 2004, München.