

Ein flexibles Robotersystem für Maschinenbeschickung und Materialhandhabung

**Björn Matthias, Fan Dai, Kuno Hug, Sönke Kock, Andrew Lau, Rolf Merte, Wolfgang
Waldi, Josef Wittmann**

ABB AG Forschungszentrum Deutschland, D-68526 Ladenburg

Kevin Behnisch, Armin Pühringer*

ABB Manufacturing & Consumer Industries GmbH, D-61169 Friedberg

(Neue Adresse: Pühringer Engineering, D-40670 Meerbusch)*

Sebastian Hoffmann, Siegfried Prinz

AUROB Automation + Roboter AG, D-04420 Großlehna

Otto Fernholz, Armin Klebanowski

BMW Motorrad, D-13578 Berlin

Norbert Ahlbehrendt, Alfred Neumann

Gesellschaft zur Förderung angewandter Informatik e.V., D-12489 Berlin

Carlos Almeida, Christian Brecher, Andreas Kahmen, Ben Schröter, Manfred Weck

Laboratorium für Werkzeugmaschinen und Betriebslehre (WZL), Rheinisch-Westfälische

Technische Hochschule (RWTH), D-52074 Aachen

Otto Görnemann, Holger Pfeil

SICK AG, D-40549 Düsseldorf

Markus Herchel, Joachim Hümmler, Bernd Schützle, Bernd Wieselmann

Württembergische Metallwarenfabrik AG (WMF), D-73309 Geislingen/Steige

Zusammenfassung

Der Einsatz von Robotersystemen wird oft durch den hohen Aufwand der 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 die Stückzahlen relativ klein und die Auslastung der Anlage zu gering sind. Dieser Beitrag präsentiert ein Konzept für den flexiblen Einsatz eines Robotersystems, das sich schnell von einer Arbeitsstation zu einer anderen transportieren und/oder für verschiedene Werkstücke und Maschinen umprogrammieren läßt. Dabei ist von großer Bedeu-

tung, daß flexible mechatronische und informationstechnische Komponenten in ein Gesamtsystem integriert sind, das sich leicht bedienen läßt und sich (semi-)automatisch an neue Arbeitsumgebungen und neue Aufgaben anpaßt. Die Entwicklung und Umsetzung dieses Konzeptes erfolgt im Rahmen des vom BMBF unterstützten Verbundprojektes PORTHOS – Portable Handhabungssysteme für den ortsflexiblen Einsatz in der Produktion (Förderkennzeichen 02PH2020).

Schlüsselwörter

Intelligenter Roboter, Flexibler Einsatz, Intuitive Programmierung, Sensor-basiert, semi-automatische Installation

1 Einleitung

Insbesondere in kleinen und mittleren Unternehmen ist der Einsatz von Industrierobotern noch rar, und auch die Maschinenbeschickung erfolgt meist noch manuell. Der Hauptgrund dafür sind die hohen Investitions- und Betriebskosten existierender Lösungen, die sich bei relativ kleinen Stückzahlen und geringen Auslastungen der Maschinen nicht tragen. Darüber hinaus erfordern die Installation und Bedienung von Industrierobotern Fachwissen, dessen Aneignung für die Belegschaft kleiner Unternehmen keine Selbstverständlichkeit ist.

Industrieroboter werden heutzutage von Robotikexperten für den individuellen Einsatz geplant, installiert und programmiert. Die Roboter werden auf dem Boden bzw. 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 Handhabungsaufgaben ist der Roboter noch entsprechend zu programmieren, was teilweise mithilfe von off-line Programmiersystemen, aber zum Teil immer noch mithilfe des sogenannten Teach-In, d.h. manuellem Verfahren des Roboters durchgeführt wird. Da kleinere und mittlere Unternehmen unter hohem Kostendruck bei ständig wechselnder Auftragslage produzieren müssen, ist der Einsatz von festinstallierten, für eine spezielle Aufgabe vorbereiteten Industrieroboter nicht effizient. Zu dem fehlen bei ihnen die nötigen Fachkräfte für die Installation und Einrichtungen der Roboter.

Diese Eigenschaften heute gängiger Technologie behindern einen wirtschaftlichen Einsatz von Industrierobotern in kleinen und mittleren Unternehmen. Um den Zugang zur Verwendung von Industrierobotern in diesen Fällen zu erleichtern, 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 entwickeln, das auf einfache Weise in verschiedenen Bearbeitungszellen eingesetzt werden kann, sich automatisch an seine neue Umgebung anpasst, intuitiv programmiert wird und seinen Gefahrenbereich mittels Sensoren überwacht. Dies bedeutet für das Porthos-Projekt, daß folgende Teilziele erreicht werden müssen [Matthias2002]:

- o Schaffung der Voraussetzung für ein portables Robotersystem
- o Intuitive, schnelle und sichere Programmierung und Bedienung
- o Schaffung einer einheitlichen Kommunikationsplattform
- o Erhöhung der Einsatzvielfalt und Betriebssicherheit durch eine flexible, sensorbasierte Handhabung
- o Nutzung von Sensortechnik zur Sicherheitsüberwachung

Das Konzept zur Erreichung dieser Ziele wird im folgenden näher beschrieben.

2 Das Konzept von PORTHOS

Die Entwicklung und Umsetzung des Konzeptes erfolgt im Rahmen des vom BMBF unterstützten Verbundprojektes PORTHOS – Portable Handhabungssysteme für den ortsflexiblen Einsatz in der Produktion (Förderkennzeichen 02PH2020). Entsprechend den oben angegebenen Systemeigenschaften beinhaltet das Konzept von Porthos auch entsprechende Teilkomponenten, die in ein Gesamtsystem integriert sind. Diese können grob in folgende Gruppen aufgeteilt werden:

- o Portabler mechanischer Aufbau inklusive mitgeführte mechanische und sensorische Vorrichtungen für die Personensicherheit
- o Industrieroboter mit „Intelligenz“ im Sinne der Anpassung an eine Auswahl von Aufgaben mittels Sensordaten
- o Intuitiv zu bedienende Oberfläche zur Einrichtung in neuen Zellenumgebungen, zur Programmierung von neuen Handhabungsaufgaben und zum unkomplizierten Regelbetrieb

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

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.

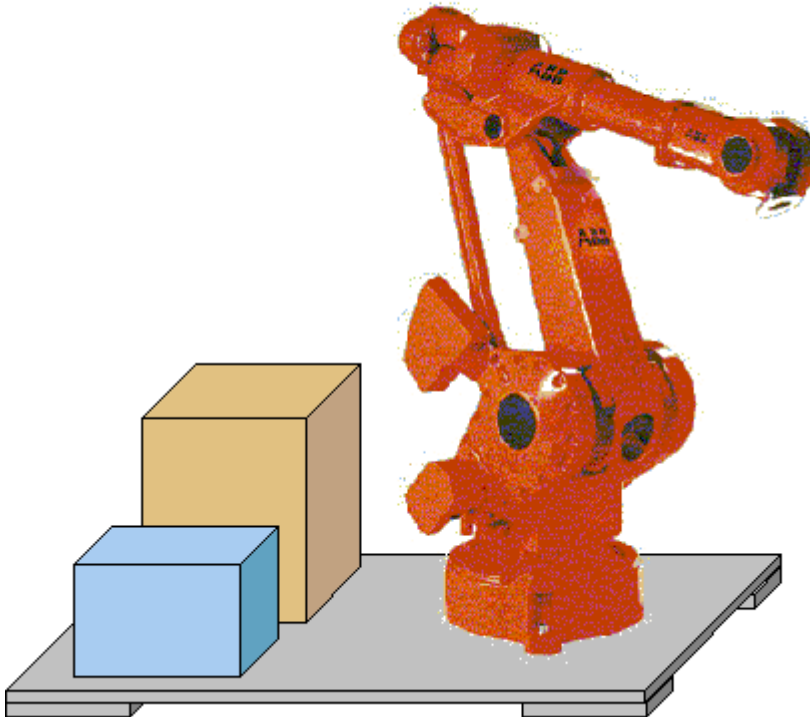


Abbildung 1: Schematische Darstellung der Plattform mit Manipulator, Steuerung und zusätzlichen Peripherien.

2.2 Sicherheitskonzept

Um der Mobilitäts- und Flexibilitätsforderung auch beim Sicherheitssystem Rechnung zu tragen, muß sich das Porthos-System bei der Absicherung der Ge-

fahren durch den Roboter auf Vorrichtungen stützen, die auf der Plattform mitgeführt werden. Diese Vorrichtungen können eine Kombination aus verschiedenen Sicherheitssensoren sein, aber auch mechanische Begrenzungen der Roboterachsen sind möglich. Insbesondere werden festinstallierte Schutzzäune, wie sie bislang üblich sind, überflüssig. Für eine typische Maschinenbeschickungszelle zeigt Abbildung 2 eine mögliche Kombination von Achsbegrenzung und sensorischer Überwachung von verbleibenden Gefahrenzonen [Matthias2004].

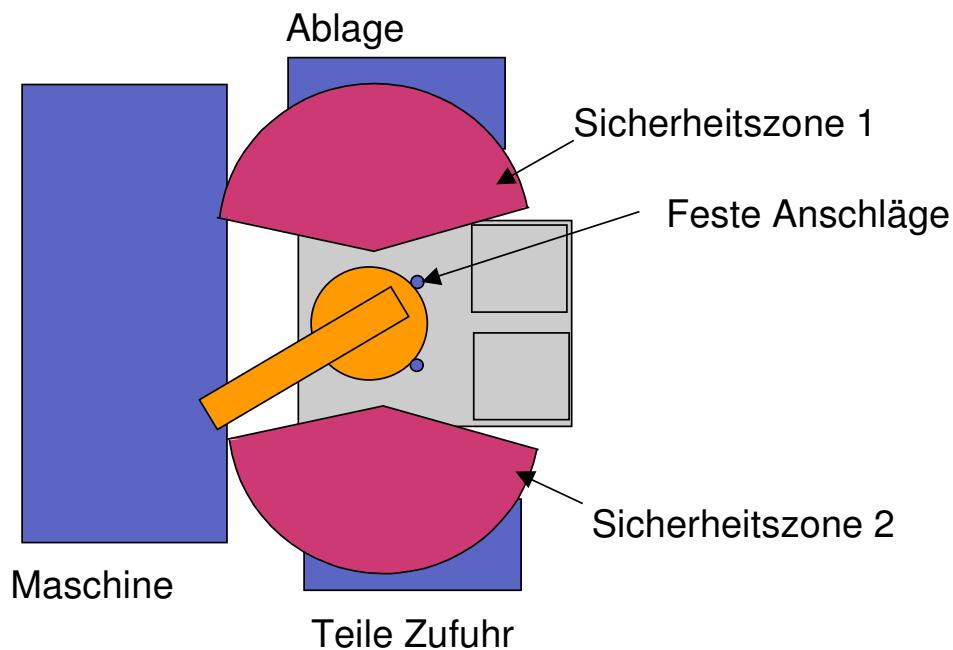


Abbildung 2: Schematische Darstellung eines sensorgestützten Sicherheitskonzepts.

Die konkrete Realisierung eines Schutzkonzepts muss immer den tatsächlichen Gegebenheiten der kompletten Zellenumgebung Rechnung tragen. Das bedeutet die Auswahl der Sicherungsmaßnahmen und –sensoren, sowie deren Anordnung, wird unter Kenntnis der beabsichtigten Einsatzorte des Systems getroffen. Da im Sinne der Maschinenrichtlinie immer das Robotersystem zusammen mit den übrigen Zelleneinrichtungen, z.B. einer Werkzeugmaschine, die „Maschine“ darstellt, kann auch eine Kopplung der Sicherheitskreise von Zelle und Porthos-System notwendig sein.

2.3 Flexible, sensor-basierte Handhabung

Flexibler Einsatz des Robotersystems bedeutet neben Ortsflexibilität vor allem, daß der Roboter unterschiedliche Aufgaben meistern kann. Das heißt, er muß in

verschiedenen Situationen (Zellenkonfiguration, Arbeitsmittelpositionen, etc.) verschiedene Werkstücke handhaben. Dies wird in Porthos durch zwei Maßnahmen erreicht: flexibles Greifersystem und sensor-geführte Handhabung.

Ein modulares, Servo-Greifersystem wird konzipiert und entwickelt, welches sich an unterschiedlichen Werkstückgeometrien anpaßt. Entsprechende Algorithmen ermitteln anhand von Sensordaten die optimalen Greifpositionen und Greifstrategien.

Es werden sowohl im Greifersystem integrierte, als auch an übrigen Stellen des Robotersystems bzw. in der Arbeitszelle installierten Sensoren für die Handhabungsaufgaben genutzt. Das Konzept der Sensorintegration soll es ermöglichen, für die jeweilige Anwendung optimale Kombinationen von Sensoren bzw. Sensordaten zu erhalten.

Grundsätzlich sind zur Lösung konkreter Aufgabenstellungen unterschiedliche Messwertgeber und Verfahrenstechniken möglich. Letztlich entscheidet der konkrete Einsatzfall über die Wahl des Mess- und Auswertverfahrens. 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 Abbildung 3 ist das ausgebaute Systemkonzept schematisch dargestellt [Ahlbehrendt2004]. Es enthält die Messstrategie unter möglichem Einbezug der Roboter-Freiheitsgrade, die Messwertvorverarbeitung zu einheitlichen Messinformationen für die Informationsverarbeitung zu „steuerungs-relevanten“ Informationen, wie auch den Informationstransfer.

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

Als wissenschaftlicher Vorlauf ist weiterhin eine neue Methode zur online-Generierung kollisionsfreier Trajektorien unter Nutzung 3D-Modelldaten in Entwicklung, die grundsätzlich für lokale Optimierungen (z.B. Bewegungen Greifer-Objekt) bis zu globalen Bahngenierungen auch bei instationären Hindernissen (bekannt oder sensorisch erfasst) einsetzbar ist.

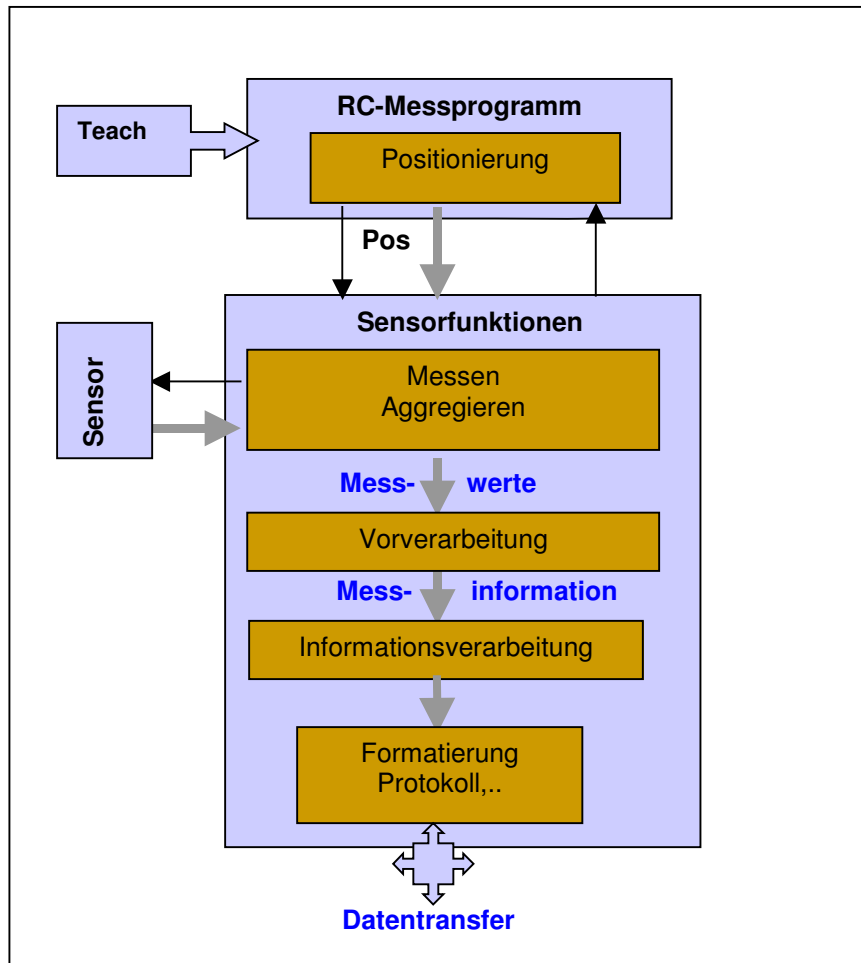


Abbildung 3: Schematische Darstellung des Sensorkonzeptes für das PORTHOS System.

2.4 Einrichtung, Programmierung und Betrieb

Sowohl für den Ersteinsatz, als auch für den Wechsel der Arbeitszelle oder der Aufgabe, 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 softwaretechnische Einrichtung und Programmierung. Da es bei den kleinen und mittleren Unternehmen in der Regel kaum Personal mit Roboter-Fachwissen zur Verfügung steht, muß die Einrichtung und Programmierung auch entsprechend einfach und intuitiv möglich sein.

Die Programmierplattform, in der die Zielsetzungen umgesetzt wurden, baut auf einem zweistufigen Benutzungskonzept auf (Abbildung 4 [Weck2004]). In der ersten Phase wird ein Datenmodell der Roboterzelle erstellt, welches alle zur Pro-

grammerstellung 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 können, parametrisiert. Diese Phase der Programmierung erfolgt einmal für jede Arbeitszelle und für unterschiedliche Werkstücke, ohne jedoch konkrete Roboterprogramme zu generieren. In dieser Phase 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, bzw. für jeden Aufgabenwechsel erfolgen muß. Dabei wird das Zellenmodell bzw. die Zellenmodelldaten an die jeweilige Zelle adaptiert, bzw. 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 kann dann automatisch in ein Roboterprogramm übersetzt und vom Roboter ausgeführt werden.

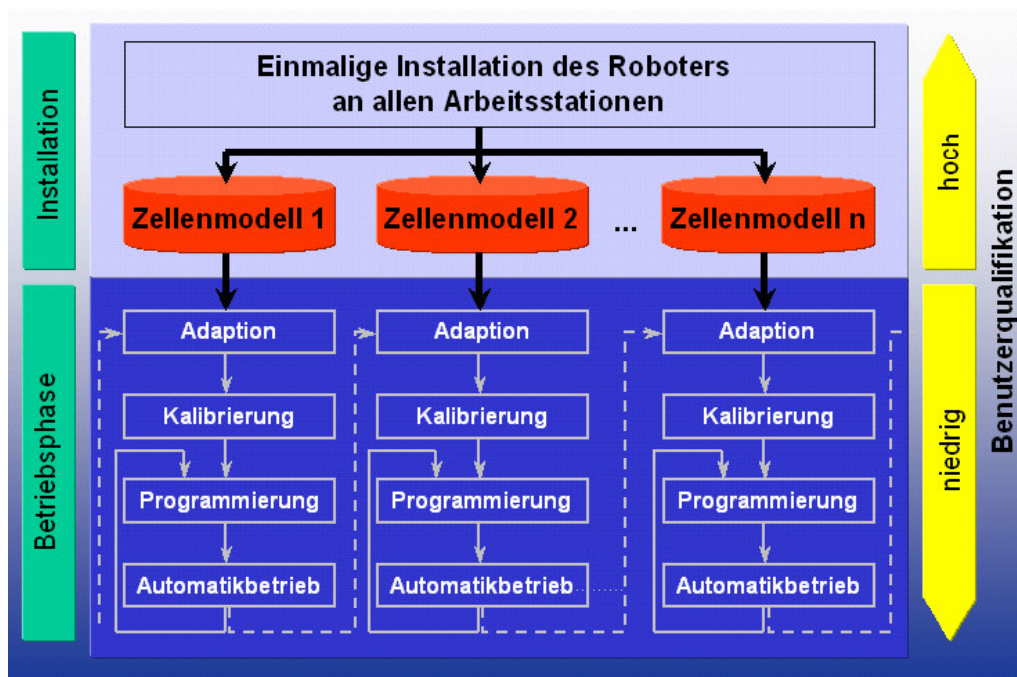


Abbildung 4: Zweistufiges Porthos-Benutzungskonzept

Die Adaption bzw. Kalibrierung von Zellendaten kann je nach Konfiguration des Robotersystems in zwei Modi erfolgen: interaktiv oder automatisch. Im interaktiven Modus wird der Bediener angeleitet, bestimmte Parameter und Optionen auszuwählen und den Roboter mithilfe des Teachpendants zu verfahren. Im automatischen Modus, wobei der Roboter dann die integrierten Sensoren nutzt, werden sensor-basiert Zellenobjekte erkannt und Positionen kalibriert. Das oben beschriebene Sensorkonzept kommt auch hier zum Tragen.

3 Schlußbemerkungen

Der Einsatz von Industrierobotern in kleinen und mittleren Unternehmen erfordert die Entwicklung von flexiblen, intelligenten und leicht-bediensbaren Systemen. Die Roboter müssen ortsflexibel und sich schnell an wechselnde Einsatzumgebungen und Aufgaben anpassen können. Der Zeitaufwand für die Umrüstung muß drastisch reduziert und die Bedienung muß auch von angelegerten Arbeitern durchführbar sein. Nur so kann auch 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 Prototypen der Systemkomponenten liegen bereits vor. Es wird weiter an der prototypischen Implementierung des Gesamtsystems gearbeitet. Pilotinstallationen bei den im Projekt mitarbeitenden Endanwendern werden die Funktionalitäten und Nutzbarkeit des Systems prüfen und demonstrieren.

Literatur

- [Matthias2002] Matthias, B., et.al.: Vorhabenbeschreibung zum Verbundprojekt Porthos – Portable Handhabungssysteme für den ortsflexiblen Einsatz in der Produktion, Anlage zum Projektantrag, ABB Forschungszentrum, 20. November 2002.
- [Matthias2004] Matthias, B., et.al.: Flexibly Deployable Robot System for Varying Tasks in Machine Tending. (Eingereicht an Robotik2004)
- [Ahlbehrendt2004] Ahlbehrendt, N., et.al.: Sensor Technology for Flexible Robot Deployment. (Eingereicht an Robotik2004)
- [Weck2004] Weck, M., et.al.: Intuitiv bedienbare Programmiersysteme zur effizienten Programmierung von Handhabungsaufgaben. (Eingereicht an Robotik2004)