Innovationspotentiale für Roboter

Nutzen von Synergieeffekten bei der Entwicklung von Servicesystemen

DIETER SPATH UND UWE SCHAUER

Ein strategischer Schritt von großer Tragweite eines auf die Fertigung und den Absatz materieller Produkte ausgerichteten Unternehmens kann die Nutzung des Marktpotentials der Dienstleistungen sein. Neben der Möglichkeit, direkt durch das Angebot von Dienstleistungen tätig zu werden, können durch die Entwicklung von Servicesystemen neue, umfangreiche Marktsegmente erschlossen werden. Die Entwicklung von Servicesystemen bietet Chancen, mit neuen Komponenten und Systemen den Produktionssektor positiv zu beeinflussen. Dies gilt insbesondere für den Bereich der Serviceroboter. Denn der Entwicklung von Robotern für den Service- und Produktionsbereich liegt eine Schnittmenge von Anforderungen zugrunde, deren Erfüllung in beiden Bereichen zu positiven Effekten führt [1].

Die Diskussion um Servicesysteme läßt immer wieder die Fragestellung der Zugehörigkeit zum Produktions- beziehungsweise zum Dienstleistungssektor aufkommen. Tatsächlich verkörpern die Begriffe «Sachgut» und «Dienstleistung» Extreme, die bei marktfähigen Produkten in der Realität nicht in Reinform zu finden sind. Die Marktfähigkeit eines Produkts im allgemeinen Sinne wird durch die geeignete Kombination von Sachgut und Dienstleistung hergeleitet [2]. Über die Zugehörigkeit zum Produktions- oder Dienstleistungssektor entscheidet, ob die Wertschöpfung hauptsächlich durch materielle oder immaterielle Produktionsergebnisse bestimmt ist.

Der für Fertigungsunternehmen interessanteste Aspekt ist die Substitution von Dienstleistungen durch «Geräte» zur Automatisierung oder Vereinfachung der entsprechenden Tätigkeit, also Servicesysteme. Im Hinblick auf das Sachgüter-Dienstleistungskontinuum bedeutet dies ein Verschieben reiner Dienstleistungstätigkeiten in Richtung Produkt, aber vor allem bedeutet dies auch die Aufnahme bisher nicht enthaltener Dienstleistungstätigkeiten, beispielsweise aus dem Haushaltsbereich. Die Weiterentwicklung von Produkten im Hinblick auf einen breitgefächerten Einsatz beim Dienstleistungsnachfrager anstatt beim -anbieter ermöglicht hohe Stückzahlen, mit denen sich Produktionskosten senken und über Bedarfssteigerungen verstärkte Entwicklungsaktivitäten realisieren lassen. Nichts anderes machte die Elektrogeräteindustrie in der Vergangenheit durch die Bereitstellung von Automatisierungslösungen für die täglichen Arbeiten im Haushalt.

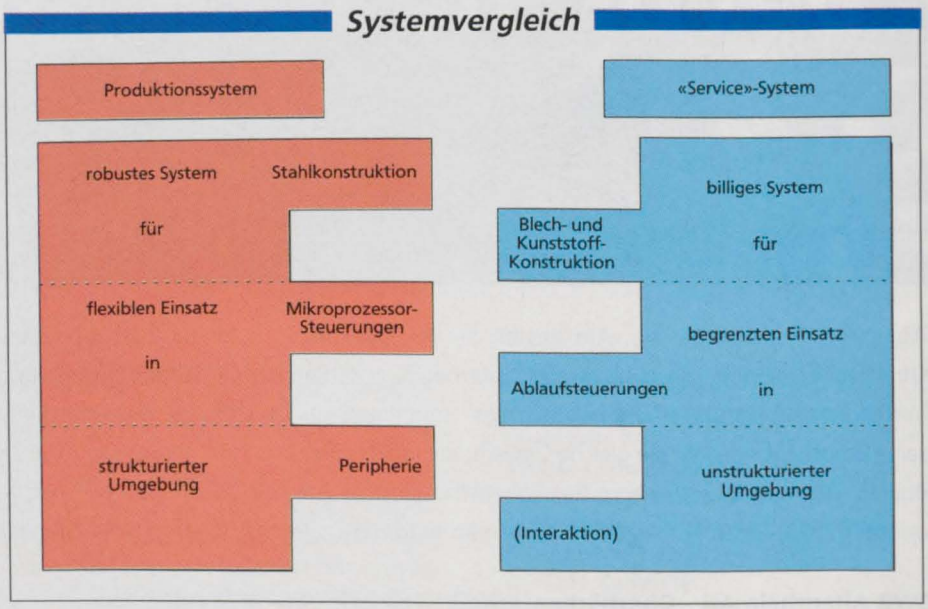

Bild 1. Konventionelle Kernentwicklungsziele und Ergebnisbeispiele.

Ein Beispiel der Beeinflußbarkeit des Produktionssektors ist die Entwicklungsgeschichte des Personalcomputers. Einer der Ursprünge der ersten Entwicklungen von Mikroprozessoren ist der Bedarf der Produktionstechnik an steuerungstechnischen Komponenten im Bereich der Werkzeugmaschine. Als Ergebnis stehen Spezialrechner mit eingeschränkter Flexibilität und relativ hohem Preis zur Verfügung. Mit der Forderung nach direkter Ankoppelung konstruktiver und planerischer Tätigkeiten an den Fertigungsprozeß wird die Grenze der Leistungsfähigkeit schnell erreicht.

Zeitgleiche Rechnerentwicklungen im nichtindustriellen Bereich haben das Ziel, einen nahezu unerschöpflichen Absatzmarkt zu erschließen. Das Hauptentwicklungsziel ist ein niedriger Preis, der zusammen mit der einfachen Lösung zu rascher Verbreitung führt. Auf die Akzeptanz in Büro und Haushalt folgt der Bedarf an erhöhter Leistungsfähigkeit und ein entsprechender Nachdruck bei der Entwicklungstätigkeit. Billige, leistungsfähige Geräte zeigen nun auch im Produktionssektor in vielen Bereichen Vorteile. Der PC hält Einzug in die Produktionstechnik. Teure Anwendungen wie die Bildverarbeitung werden für den breiteren Einsatz interessant und stellen neue Entwicklungsziele für den PC-Einsatz dar.

Bei der Entwicklung von Servicerobotern hat die kostengünstige Herstellung ebenfalls zentrale Bedeutung. Im Gegensatz zu kostenreduzierenden Maßnahmen an Industrierobotern sind durch die Nutzung von servicesystemspezifischen Entwicklungsergebnissen Kostensprünge möglich. Entwicklungen im Bereich der Serviceroboter können demnach zu analogen Effekten bei Industrierobotern führen.

Synergieeffekte im Bereich industrieller Robotereinsätze

Betrachtet man die bisherigen Kernentwicklungsziele bei Produktions- und Servicesystemen, wird deutlich, warum die beiden Sektoren im Produktbereich kaum verzahnt sind (Bild 1). Maschinenbauprodukte sind durch Verwendung von Stahlkonstruktionen auf lange Lebensdauer ausgelegt, das fertigungstechnische Umfeld wird durch geeignete Peripherie solange «strukturiert», bis die Intelligenz der Steuerung und die Bewegungsfreiheit des Fertigungssystems zur Automatisierung ausreichen. Bei der Entwicklung konventioneller Servicesysteme, ein bekanntes Beispiel hierfür ist die Waschmaschine, steht der Preis im Vordergrund. Der Bediener bildet die Schnittstelle zwischen unstrukturierter Umgebung und dem ablaufgesteuerten Gerät.

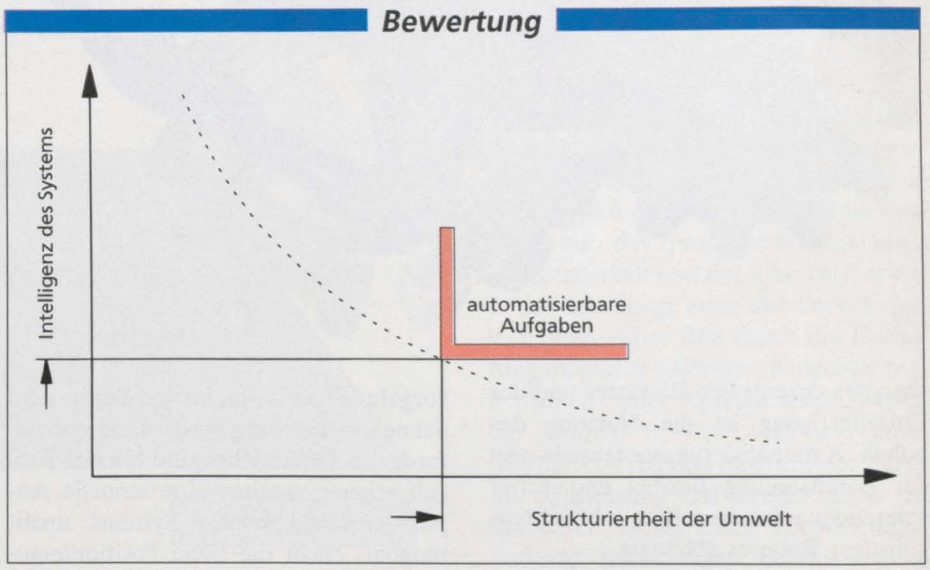

Bild 2. Automatisierbarkeit in Abhängigkeit von Systemintelligenz und Umweltstruktur.

Der technologische Sprung vom Industrie- zum Serviceroboter ist schwerpunktmäßig in der Forderung zum breitgefächerten Einsatz in einer nicht strukturierten Umgebung zu sehen. Nur so läßt sich ein großer Anwendungsbereich dieser neuen Technologie erschließen. Der direkte Einsatz in der Umgebung des Menschen weist dem Aspekt der Sicherheit höchste Priorität zu. Die Erfüllung dieser Forderungen bedeutet in erster Konsequenz ein Abrücken von der herkömmlichen Positionssteuerung bisheriger Industrierobotersysteme, die ihre Zielposition sozusagen blind erreichen. Ein Agieren in einer unstrukturierten, nicht vollständig mathematisch modellierbaren Umgebung erfordert ein «Ertasten» der Arbeitsumgebung.

Wie grundlegend der Einfluß des Steuerungskonzepts auf den mechanischen Aufbau und die Wahl der Antriebssysteme sein kann, wird am werkzeugmaschinenähnlichen Aufbau heutiger Robotersysteme deutlich. Genaue Positionen lassen sich nur mit hochpräziser und hochsteifer Mechanik sowie unter dem Einsatz von Antrieben mit hochauflösenden Meßsystemen erreichen. Die Bewegungen des Roboters werden in der Regel möglichst exakt geometrisch beschrieben, weil eine andere Erfahrung der Umgebung kaum möglich ist. Der Übergang, beispielsweise zum kraftgesteuerten Robotersystem, kann hier neue Perspektiven eröffnen, da mit der starren Positionssteuerung auch der Zwang zu hoher Präzision entfällt und Wege für eine Neukonzeption der gesamten Kinematik ermöglicht werden.

Erweiterung des Robotereinsatzes in der Fertigungstechnik

Für den Einsatz von Robotern sowohl im Industrie- als auch im Dienstleistungsbereich, und damit für die Automatisierbarkeit einer Aufgabe, läßt sich generell ein Zusammenhang zwischen gegebener Systemintelligenz und der Strukturiertheit der Umwelt angeben (Bild 2). Der Grad der Strukturiertheit der Umwelt ist gegenläufig zum Modellierungsaufwand beziehungsweise zum Verarbeitungsaufwand von Umweltinformation.

Beispiele für neue Einsatzgebiete von Robotern sind etwa die Demontage, der Mauerwerksbau oder im Bereich der Fertigungstechnik die automatisierte Feinbearbeitung von Werkzeugen und Formen. Insbesondere in solchen Berei-

chen des dezentralen Einsatzes und der Einzelfertigung ist die Nutzung des hohen Rationalisierungspotentials von der Bereitstellung flexibel und sicher agierender sowie vor allem sehr kostengünstiger Roboter abhängig.

Der fast durchweg manuell durchgeführte Fertigungsschritt der Feinbearbeitung im Werkzeug- und Formenbau stellt heute eines der größten Rationalisierungspotentiale in dieser Branche dar (3, 4). Eine Automatisierung wird erschwert durch die Komplexität der Geometrie, die hohen Anforderungen an die Qualität der Oberfläche sowie den Einzelfertigungscharakter.

Im Gegensatz zu den marktüblichen teuren Spezialmaschinen kann hier prinzipiell ein handelsüblicher Industrieroboter zum Einsatz kommen. Auf Grund der mangelnden Modellierbarkeit des Prozesses muß sich die Regelung des Systems am jeweiligen Bearbeitungsergebnis orientieren. Die vielfältigen Problemstellungen bezüglich vorgefundener Geometrie, Werk- und Schneidstoffe, Ausgangszustand und geforderter Oberflächengüte bei der Einzelfertigung machen eine schnelle Anpassungsfähigkeit des Systems unabdingbar. Nicht die hohe Positioniergenauigkeit, sondern eine sensorgestützte, intelligente Interaktion ist zur Bewältigung der unscharfen Einflußgrößen in den Vordergrund zu stellen.

Robotereinsatz im Bereich Recycling

Die Notwendigkeit der umweltgerechten Entsorgung von Altprodukten und Schonung der Ressourcen zwingt zur Entwicklung rationeller Demontagetechnologien. Die zur Produktion entwickelten Automatisierungslösungen sind auf die recyclingspezifischen Anforderungen nur in Teilbereichen direkt übertragbar. Die automatisierte Demontage ist aufgrund der mangelnden Strukturiertheit der Aufgaben ein Anwendungsbeispiel, das die Einsatzgrenzen heutiger Industrieroboter deutlich macht.

Ein Ansatz im Bereich der Demontage industrieller Serienprodukte ist der Aufbau einer flexibel automatisierten Demontagezelle für Altprodukte in großer Stückzahl und eingeschränkter Typen- beziehungsweise Variantenvielfalt. Hier wird der notwendige Entwicklungsaufwand im Bereich der Industrieroboter besonders deutlich, obwohl große Stückzahlen im Recycling eher der Idealzustand sind. Ein hoher Autonomiegrad des Systems ist die Voraussetzung situationsgerechter Handlungen, um mit der im Vergleich zur Produktion unschärferen Prozeßbeschreibung, beispielsweise durch Positionsungenauigkeiten und wechselnden Zustand von zu lösenden Verbindungselementen, umgehen zu können.

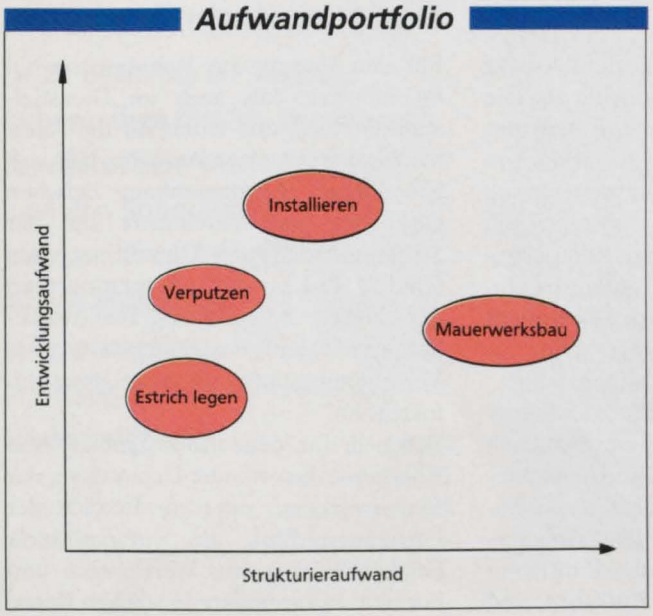

Bild 3. Systemintelligenz in Abhängigkeit des Strukturieraufwands im Bauwesen.

Literatur

1 Dieter Spath, Uwe Schauer: Synergien zwischen Produktions- und Dienstleistungssektor, Proceedings IPA-Technologie-Forum, Innovative Technologien, Stuttgart, 1994, S. 47–63.

2 Nikolaus Uhlenbruck: Dienstleistungen als Innovationspotential für Unternehmungen des verarbeitenden Gewerbes, Verlag Josef Eul, Bergisch Gladbach, Köln, 1985

3 Jürgen Schmidt, Uwe Schauer, Stephan Timmermann: Rechnerintegrierte Feinbearbeitungstechnologien, Technische Rundschau, Bern 83, Nr. 22/1991, S. 78–80

4 Jürgen Schmidt, Uwe Schauer: Finishing of Dies and Moulds, Industrial Robot, Bradford, 1994, 1, S. 28–31

5 J. Andres, Th. Bock: First Results of the Development of the Masonry Robot System ROCCO, a Fault Tolerant Assembly Tool, Proceedings of the 11th ISARC, Brighton, Elsevier, Amsterdam, 1994

6 Wolfgang Ropella: Synergie als strategisches Ziel der Unternehmung, Walter de Gruyter, Berlin, New York, 1989

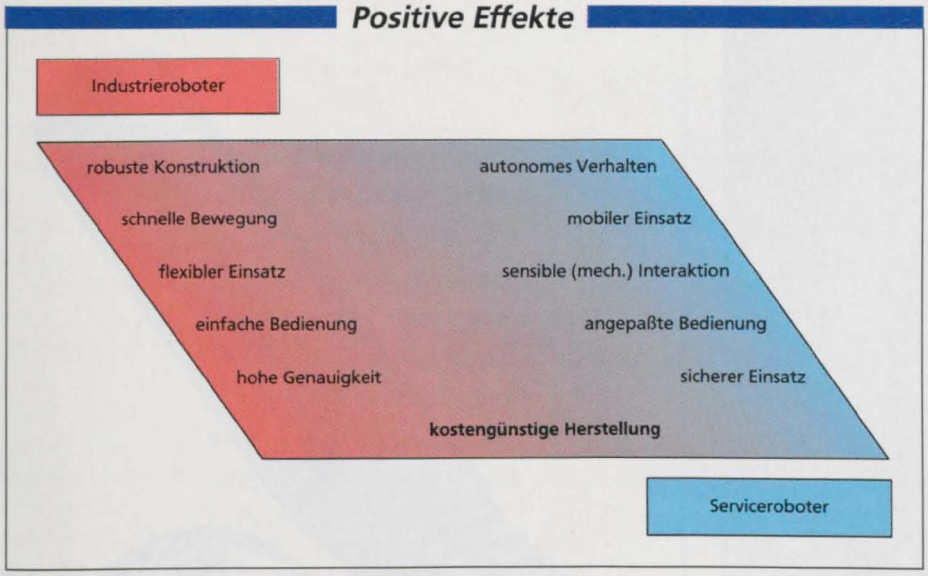

Bild 4. Anforderungsschnittmenge bei der Roboterentwicklung.

Ein weiteres, äquivalentes Beispiel stellen die Arbeiten im Bereich der robotergestützten Müllsortierung dar. Die Automatisierung setzt hochentwickelte perzeptive Fähigkeiten des Systems und extrem flexible Greifsysteme voraus, da grundsätzlich weder eine ausreichende Strukturierung der Aufgabe noch eine Modellierung der zu separierenden Objekte möglich ist.

Robotereinsatz im Bauwesen

Am Institut werden unter Betrachtung vergleichbarer Aspekte Möglichkeiten der flexiblen Automatisierung des Mauerwerksbaus entwickelt [5]. Der Projektschwerpunkt liegt auf der Realisierung eines mobilen Robotersystems zum Betrieb auf der Baustelle sowie der Einbindung eines rechnergestützten Systems zur Arbeitsvorbereitung und Qualitätssicherung. Der Roboter übernimmt hierbei die Tätigkeit des Steineversetzens vollständig.

Über den eigentlichen Mauerwerksbau hinaus wird im Rahmen von Forschungsarbeiten die Möglichkeit zur Automatisierung von Tätigkeiten auf dem Gebiet des Innenausbaus untersucht, beispielsweise die Installation von Rohr- und elektrischen Leitungen. Für den Entwicklungs- und Strukturieraufwand der Tätigkeiten läßt sich ein Portfolio aufstellen, das deutlich macht, daß durch einen Entwicklungsfortschritt im Bereich der Systemintelligenz mit wenig Strukturieraufwand neue Gebiete für den Robotereinsatz erschlossen werden können (Bild 3), was wiederum eine tendenzielle Übereinstimmung mit den Entwicklungszielen bei Servicerobotern zeigt.

Die beschriebenen Robotersysteme stehen stellvertretend für Industrierobotereinsätze, deren zukünftiger, wirtschaftlicher Einsatz mit abhängig ist vom Weiterkommen der Entwicklungen in den Bereichen Low-Cost, Sicherheit und Systemflexibilität. Im Hinblick auf das heute vorhandene Know-how aus Forschungsbereichen der Produktionstechnik ist dieses Ziel sicher erreichbar, insbesondere dann, wenn Synergieeffekte mit Entwicklungstätigkeiten [6] im vielversprechenden Bereich der Serviceroboter konsequent genutzt werden. Die Entwicklungsziele zur Ermöglichung des Einsatzes von Industrierobotern in solchen Bereichen sind nahezu deckungsgleich mit den Kernentwicklungszielen der Serviceroboterentwicklung. Die im Bild 4 dargestellte Schnittmenge von Anforderungen ist demnach als allgemeingültige tendenzielle Entwicklungsrichtung zu verstehen.

Synergieeffekte als strategisches Ziel

Die Entwicklung von Servicerobotern unter dem Aspekt drastischer Kostensenkung hat primär das Ziel, die Anforderungen im Servicebereich bestmöglich zu erfüllen. Eine effektive Entwicklungsarbeit vom Umfang und Neuheitsgrad, wie er sich heute im Bereich der Entwicklung von Servicesystemen und -robotern abzeichnet, bedingt jedoch die stetige Auseinandersetzung mit der produktionstechnischen Umsetzbarkeit und der Übertragbarkeit neuer Lösungen auch auf andere Anwendungsfelder. Erst durch die Herleitung möglichst sofortiger Nutzungsmöglichkeiten neuer Ansätze im industriellen Umfeld ist die Auslösung eines Multiplikatoreffekts möglich, der durch die Umsetzung auf breiter Basis zu spürbaren industriellen Auswirkungen und zur notwendigen Beschleunigung der Entwicklungsarbeiten sowohl im Service- als auch im Industrieroboterbereich führt.

Von entscheidender Bedeutung ist im Rahmen der Serviceroboterentwicklung die ganzheitliche Betrachtung von Markt, Technologie und Unternehmen. Erst durch die intensive Auseinandersetzung mit der gegenseitigen Beeinflussung dieser drei Teilbereiche wird sichergestellt, daß entwickelte Technologie kundennutzenorientiert ist, Produkte rationell zu fertigen und auch wieder zu entsorgen und Unternehmen auf die neuen Herausforderungen vorbereitet sind. [22][29]

Prof. Dr.-Ing. Dieter Spath, Dipl.-Ing. Uwe Schauer, Lehrstuhl und Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebstechnik, Universität (TH) Karlsruhe, Kaiserstraße 12, D-76128 Karlsruhe.