

Industrieroboter, Management, Strategie

# Neue Nutzungspotentiale für Industrieroboter \*

## Ergebnisse einer Betriebsbefragung

H. Armbruster, E. Kirner, S. Kinkel

*Der Einsatz von Industrierobotern hat in den vergangenen zwanzig Jahren stetig zugenommen, die Dynamik bei den Neuinstallationen scheint aber derzeit zu stagnieren. Am häufigsten werden Industrieroboter in der Großserienproduktion des Automobilbaus eingesetzt, während Roboter in Klein- und mittelständischen Unternehmen anderer Branchen und geringerer Seriengröße deutlich seltener zum Einsatz kommen. Teilweise liegt es daran, dass für deren spezifische Produktionsbedingungen keine geeigneten technischen oder wirtschaftlich überzeugenden Lösungen existieren. Die Autoren identifizieren auf Basis einer Betriebsbefragung drei homogene Unternehmenstypen, die ungenutzte Einsatzpotentiale für neue Anwendungen und zukünftige Generationen von Industrierobotern aufweisen.*

### *New potentials for industrial robots – Results of a survey*

*In the last 20 years the application of industrial robots has been constantly increasing. It seems, however, that the installation of new robots is currently stagnating. Industrial robots are mainly applied in the automotive industry for large batch sizes. Yet, in the manufacturing of small and medium-sized companies with smaller batch size production the use of robots is clearly less common. This might be due to the fact that for the specific manufacturing processes of small and medium-sized companies adequate technical or economically convincing robotic solutions are lacking. Based on survey results this paper identifies three homogenous types of manufacturing companies which hold unused potentials for new applications and future generations of industrial robots in manufacturing.*

## 1 Ausgangssituation

Deutschland ist nach Japan der zweitgrößte Robotermarkt weltweit. Nach Angaben des zuständigen Branchenverbandes verzeichnete die Branche zwischen den Jahren 1995 und 2000 einen weitgehend kontinuierlichen Zuwachs an Neuinstallationen [1]. Die Anzahl der jährlichen Neuinstallationen hat

sich in diesem Zeitraum mehr als verdoppelt. Seit 2000 allerdings stagniert die Anzahl der Roboterneuinstallationen in Deutschland [2–4]. Da die Roboterindustrie nach wie vor eine hohe Abhängigkeit von der Automobilindustrie aufweist, schlägt sich die Zurückhaltung bei Investitionen in der Automobilbranche unmittelbar auf die Anzahl der Roboterneuinstallationen nieder. Für die Zukunft wird nur noch mit einem moderaten Anstieg der Roboterinstallationen gerechnet [1].

Bei dieser Entwicklung drängt sich die Frage auf, ob der Markt für Industrieroboter in Deutschland bereits über alle potentiellen Kundengruppen hinweg gesättigt ist und deshalb keine Zuwächse mehr bei den Neuinstallationen zu verzeichnen und zu erwarten sind, oder ob noch ungenutzte Einsatzpotentiale bei bestimmten Unternehmenstypen vorliegen, die es zu identifizieren gilt. Auf Basis der Betriebsbefragung „Innovationen in der Produktion“ des Fraunhofer-Instituts für System- und Innovationsforschung werden in diesem Fachbeitrag folgende Fragen untersucht:

- Welcher Anteil der Unternehmen im deutschen verarbeitenden Gewerbe nutzt Industrieroboter?
- Gibt es branchenspezifische, größenspezifische oder produktionsspezifische Unterschiede beim Robotereinsatz zwischen den Unternehmen?
- Wo liegen noch unausgeschöpfte Nutzungspotentiale von Industrierobotern?

## 2 Betriebsbefragung „Innovationen in der Produktion“

Das Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung führt seit 1993 alle zwei Jahre eine Erhebung zu „Innovationen in der Produktion“ durch. Sie richtet sich an Betriebe der Metall- und Elektrogüterindustrie sowie seit 2001 auch an die Betriebe der chemischen und kunststoffverarbeitenden Industrie Deutschlands. Untersuchungsgegenstand sind die verfolgten Produktionsstrategien, der Einsatz innovativer Organisations- und Technikkonzepte in der Produktion (darunter auch Fragen zum Einsatz von Industrierobotern und Handhabungssystemen), Fragen des Personaleinsatzes und der Qualifikation sowie Fragen zur Leistungstiefe und zum Management der Produktionsmodernisierung. Daneben werden Leistungsindikatoren wie Produktivität, Flexibilität, erreichte Qualität und nicht zuletzt die Rendite erhoben. Mit diesen Informationen erlaubt die Umfrage Aussagen zur Modernität und Leistungskraft von Kernbereichen des verarbeitenden Gewerbes in Deutschland.

Die vorliegenden Ergebnisse zu Nutzungspotentialen von Industrierobotern in Deutschland stützen sich auf Daten der Erhebungsrunde 2003, für die im Herbst 13 259 Betriebe angeschrieben wurden. Bis Dezember 2003 schickten 1450 Firmen einen verwertbar ausgefüllten Fragebogen zurück (Rücklaufquote 11 %). Die antwortenden Betriebe stellen einen repräsentativen Querschnitt aus Kernbereichen des verarbeitenden Gewerbes dar [5]. Neuere Daten aus der jüngst

Dr. Heidi Armbruster, Dr. Eva Kirner, Dr. Steffen Kinkel  
Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI  
Breslauer Str. 48, D-76139 Karlsruhe  
Tel. +49 (0)721 / 6809-319, Fax +49 (0)721 / 689-152  
E-Mail: heidi.armbruster@isi.fraunhofer.de  
oder eva.kirner@isi.fraunhofer.de  
oder steffen.kinkel@isi.fraunhofer.de  
Internet: www.isi.fraunhofer.de

### Info

\* Bei diesem Beitrag handelt es sich um einen „reviewten“ Fachaufsatz: Autoren-unabhängig von Experten auf diesem Fachgebiet wissenschaftlich begutachtet und freigegeben.

abgeschlossenen Erhebungsrunde 2006, die aus methodischen Überlegungen um ein halbes Jahr zeitversetzt stattgefunden hat, werden im Herbst dieses Jahres vorliegen und können dann bei Interesse ausgewertet werden.

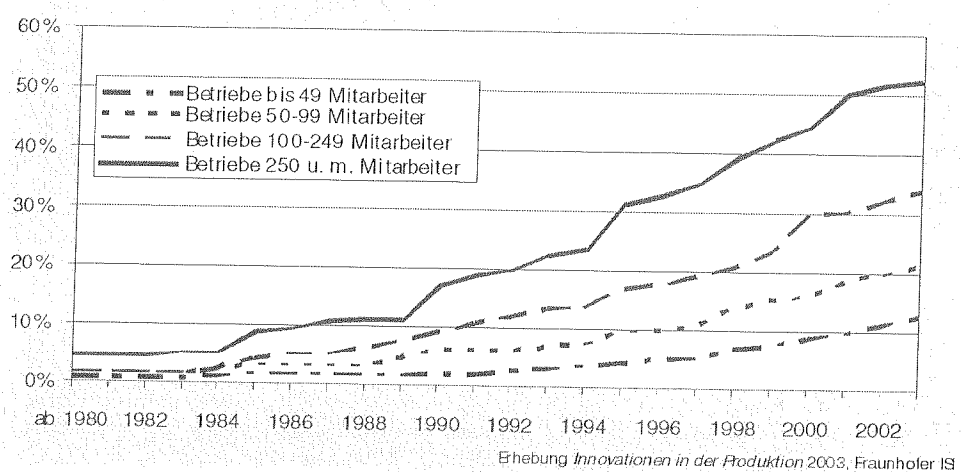
**3 Einsatz von Industrierobotern im deutschen verarbeitenden Gewerbe**

Daten der Erhebung „Innovationen in der Produktion“ des Fraunhofer-Instituts für System- und Innovationsforschung zeigen, dass seit den 80er Jahren der Einsatz von Industrierobotern in Deutschland stetig zugenommen hat. In den vergangenen zwanzig Jahren haben vor allem größere Unternehmen zunehmend mehr Roboter eingesetzt, während sich Roboter bei den kleineren Unternehmen nicht so deutlich verbreitet haben.

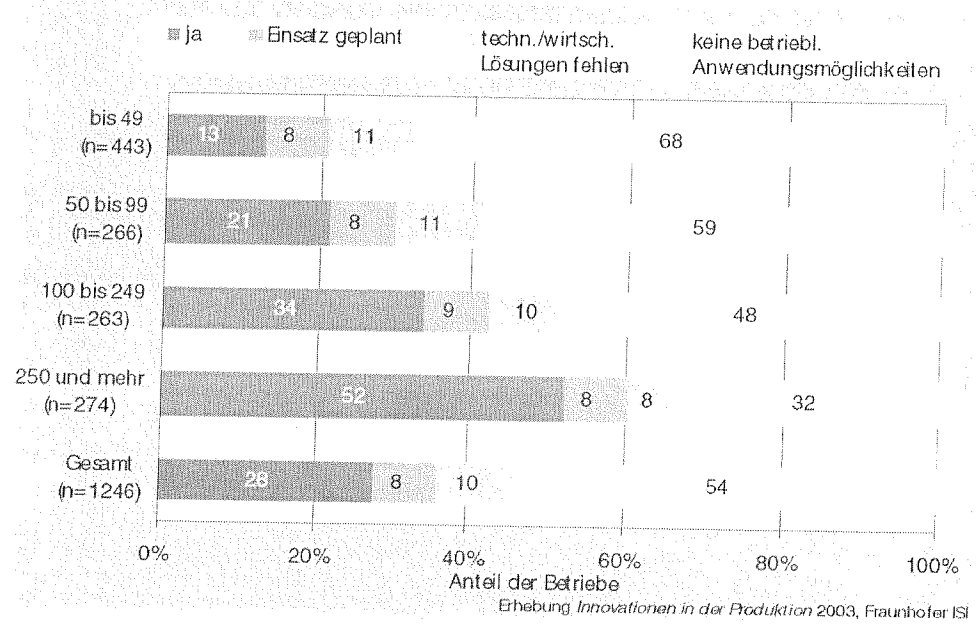
Gegenwärtig nutzen 10 % der sehr kleinen Unternehmen mit weniger als 50 Mitarbeitern Industrieroboter. Die Quote der Roboternutzer bei den kleinen Unternehmen (zwischen 50 und 99 Beschäftigten) hat sich seit Ende der 80er Jahre mehr als verdreifacht und liegt heute bei 20 %. Mittelgroße Betriebe zwischen 100 und 249 Mitarbeitern haben ihren Robotereinsatz in diesem Zeitraum ebenfalls verdreifacht. Von diesen Unternehmen nutzen bereits über 30 % Industrieroboter. Große Unternehmen mit mehr als 250 Beschäftigten verzeichneten den steilsten Anstieg der Industrieroboternutzung von knapp über 10 % auf über 50 % (Bild 1).

Diese Ergebnisse zeigen, dass in den vergangenen zwanzig Jahren insbesondere größere Unternehmen vermehrt Roboter einsetzen. Während die Nutzerquote von Industrierobotern Ende der 80er Jahre noch in allen Unternehmensgrößenklassen relativ nahe beieinander lag, konnten größere Betriebe in den darauf folgenden Jahren aufgrund geeigneter Produktions- und Strukturbedingungen deutlich mehr Industrieroboter einsetzen als kleinere Betriebe und haben ihren Robotereinsatz fast verfünffacht. Allerdings lässt die Diffusionskurve für die Roboternutzung bei größeren Betrieben mit mehr als 250 Beschäftigten ab dem Jahr 2000 abnehmende Zuwachsraten und damit eine Stagnationstendenz erkennen. Im Gesamtdurchschnitt nutzte damit im Jahr 2003 gut ein Viertel (28 %) der befragten Betriebe Industrieroboter. Während nur 13 % beziehungsweise 21 % der sehr kleinen und Kleinbetriebe Roboter einsetzten, war die Einsatzquote bei

mittleren und großen Betrieben mit 34 % beziehungsweise 52 % um ein Vielfaches höher. Obwohl die Roboterpreise seit 1990 um 50 % sanken [6], hat dies nicht zu entsprechenden Zuwachsraten des Robotereinsatzes bei kleineren Betrieben beigetragen. Dies kann mehrere Ursachen haben. Zum einen könnte der gegenwärtige Preis für Industrieroboter für Kleinunternehmen nach wie vor zu hoch sein. Zum anderen ist denkbar, dass spezifische technische Lösungen für den Einsatz von Robotern in Kleinunternehmen fehlen. Es ist anzunehmen, dass bei Kleinunternehmen Potentiale für den Einsatz von Robotern bestehen, die durch bessere wirtschaftliche und technische Anpassung der Roboterlösungen an deren spezielle Bedürfnisse und wirtschaftlich überzeugende Einsatzmodi zumindest teilweise ausgeschöpft werden könnten (Bild 2).



**Bild 1. Anteil der Betriebe mit Roboternutzung seit 1980**



**Bild 2. Realisierter und geplanter Robotereinsatz nach Unternehmensgröße**

**4 Unausgeschöpfte Nutzungspotentiale von Industrierobotern**

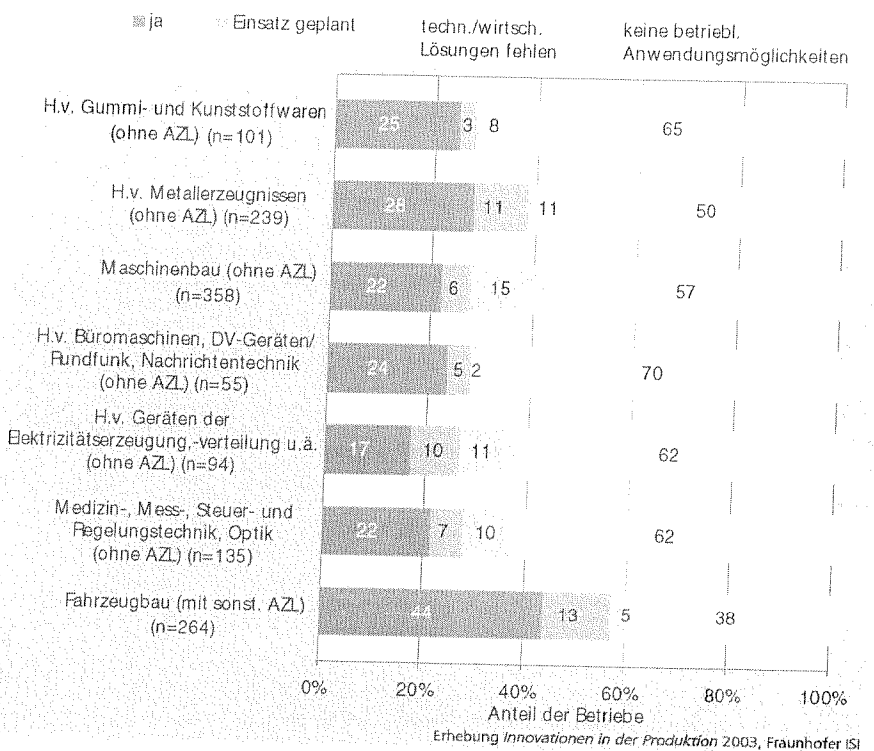
Die Erhebung „Innovationen in der Produktion“ zeigt, dass im Jahr 2003 insgesamt 8 % der Betriebe die Anschaffung von Robotern planten. Hier zeigt sich ein konkretes quantifizierbares Potential für den zukünftigen Robotereinsatz, das von der jeweiligen Unternehmensgröße weitgehend unabhängig ist. Darüber hinaus gaben weitere 10 % der Betriebe an, dass sie keine Roboter nutzen, weil bislang geeignete technische oder wirtschaftlich überzeugende Lösungen fehlen. Diese Betriebe setzen also Roboter deshalb nicht ein, weil es für ihre spezifischen Anwendungsbedingungen ihrer Ansicht nach noch keine geeigneten technischen Roboterentwicklungen gibt oder weil sie vermuten, dass ein Einsatz der verfügbaren Robotertechnik unter ihren Produktionsbedingungen derzeit nicht wirtschaftlich wäre. Dieses Verständnis ist immer anzulegen, wenn im Folgenden von „fehlenden technischen oder wirtschaftlich überzeugenden Lösungen“ gesprochen wird. Die verbleibenden 54 % der Betriebe sehen vor dem Hintergrund ihrer Produktionsstrukturen überhaupt keine betrieblichen Anwendungsmöglichkeiten für den Einsatz von Industrierobotern.

Diese Ergebnisse lassen darauf schließen, dass durch die Bereitstellung von adäquaten technischen oder wirtschaftlich überzeugenden Roboterlösungen möglicherweise weitere 10 % der Betriebe im verarbeitenden Gewerbe für den Einsatz von Robotern gewonnen werden könnten. Dies trifft stärker für kleine und mittlere Betriebe (11 %) zu als für große Betriebe (8 %). Hochgerechnet auf die rund 29 000 überwiegend kleinen und mittleren Betriebe der stückgutproduzierenden Branchen des verarbeitenden Gewerbes bedeuten diese 10 % etwa 2900 neue Nutzer. Eine Angabe zur konkreten Anzahl von Industrierobotern, für die zusätzliches Einsatzpotential vermutet wird, kann jedoch mit dieser Datenbasis nicht getroffen werden.

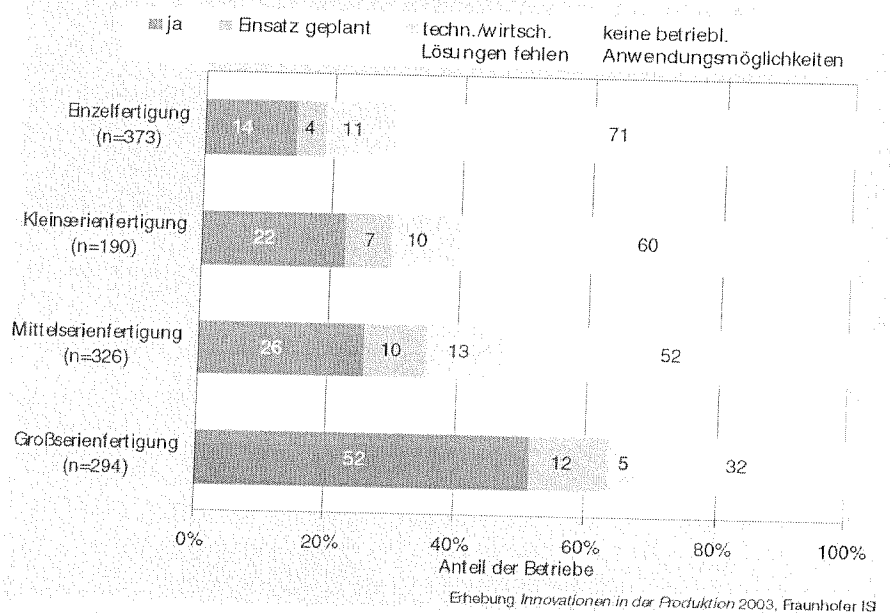
Wird der Einsatz von Industrierobotern in unterschiedlichen Branchen analysiert, so zeigt sich erwartungsgemäß ein überdurchschnittlich hoher Einsatz von Robotern in der Automobilbranche. 44 % der Betriebe aus dem Fahrzeugbau sowie der Automobilzulieferer setzen im Jahr 2003 Industrieroboter ein, während die Nutzerquoten in den anderen Branchen mit durchschnittlich zwischen 17 % und 28 % deutlich darunter lagen (Bild 3).

Aufgrund der überdurchschnittlich hohen Verbreitung von Roboternutzung in der Automobilbranche sind auch hier die höchsten potentiellen Zuwachsraten in der Roboternutzung zu erwarten. Fast 13 % der Betriebe aus diesem Sektor planen den Einsatz für die Zu-

kunft. In allen anderen Branchen planen deutlich weniger Betriebe den zukünftigen Robotereinsatz. Lediglich Hersteller von Metallerzeugnissen sowie Hersteller von Geräten der Elektrizitätserzeugung, die keine Automobilzulieferer sind, weisen zu 10 % beziehungsweise 11 % konkrete zukünftige Nutzungspotentiale auf, wenn ihre Planung zugrunde gelegt wird. Sie sind es auch, die zusammen mit Betrieben aus dem Maschinenbau und aus dem Bereich Medizin-, Mess-, Steuer- und Regelungstechnik sowie Optik am ehesten für den Einsatz



**Bild 3. Realisierter und geplanter Robotereinsatz nach Branchen (AZL = Automobilzulieferer)**



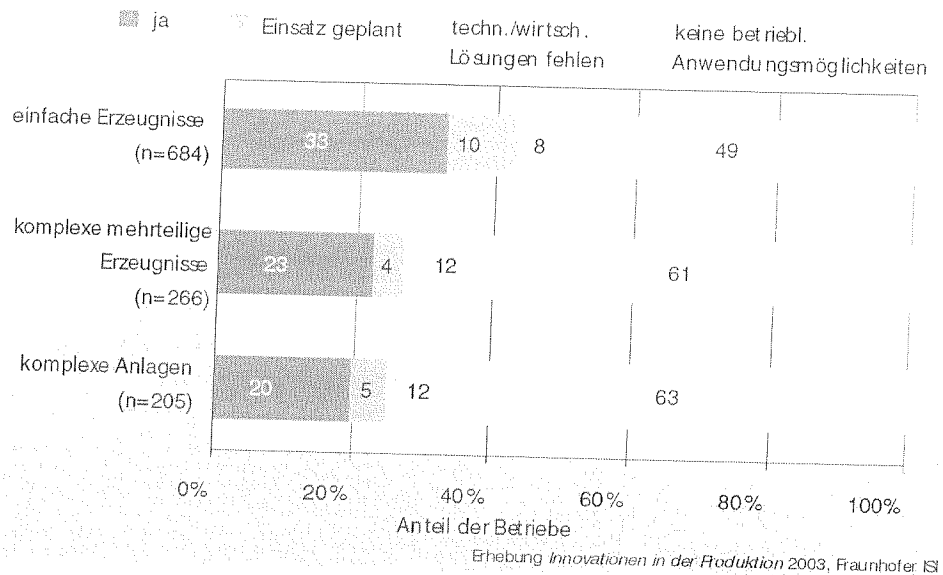
**Bild 4. Geplanter und realisierter Robotereinsatz nach Seriengröße**

von Industrierobotern offen wären, wenn geeignete technische oder wirtschaftlich überzeugende Lösungen existierten. 11 % der Hersteller von Metallserienfertigung, 15 % der Maschinenbauunternehmen sowie 10 % der Hersteller aus der Branche Medizin-, Mess-, Steuer- und Regelungstechnik sowie Optik sehen das Hindernis in fehlenden passenden Roboterlösungen, während dies beispielsweise nur für 5 % der Betriebe aus dem Automobilsektor ein Problem darstellt. Offenbar sind gegenwärtige Roboterlösungen noch deutlich auf die Bedürfnisse der Automobilindustrie zugeschnitten.

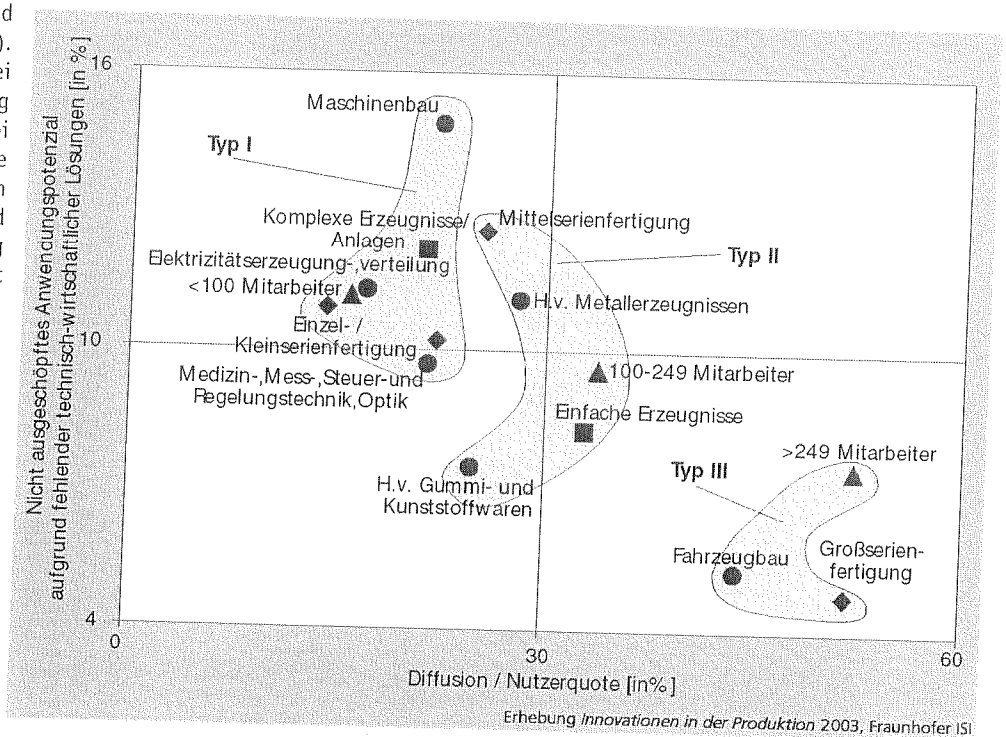
Betrachtet man den Einsatz von Industrierobotern nach der Seriengröße und Produktkomplexität der Betriebe, so zeigt sich erwartungsgemäß, dass Betriebe mit Großserienfertigung mit 52 Prozent den mit Abstand höchsten Nutzungsgrad von Robotern aufweisen (Bild 4). Dieser liegt doppelt so hoch wie bei Betrieben mit Mittelserienfertigung und ist fast vier Mal höher als bei Einzelfertigern. Diese Ergebnisse sind plausibel, da Roboter mit ihrem derzeitigen Investitionsbedarf und ihrer technischen Ausgestaltung ihre Rationalisierungseffekte erst bei größerer Seriengröße entfalten können und ihr Einsatz bei Einzelfertigungen weniger vorteilhaft ist.

Hinsichtlich der Produktkomplexität zeigen die Daten, dass die Roboternutzung bei steigender Produktkomplexität abnimmt (Bild 5). Dies ist ebenfalls plausibel, da einfache Erzeugnisse einfacher zu handhaben sind und weniger aufwendige Bearbeitungsschritte benötigen als komplexe Anlagen und somit effizienter von Industrierobotern bearbeitet werden können. Zudem ist bei der Produktion hochkomplexer Produkte häufig besonderes Know-how und Erfahrungswissen notwendig, das nur von gut ausgebildeten Facharbeitern eingebracht werden kann und kaum zu automatisieren ist.

Beim Betrachten zukünftiger Planungen des Robotereinsatzes zeigen sich signifikant höhere Nutzungspotentiale bei Mittel- und Großserienfertigung sowie bei einfachen Erzeugnissen. Am häufigsten planen Hersteller dieser Produktionsstruktur den zukünftigen Einsatz von Industrierobotern. Allerdings scheinen auch noch bei anderen Betrieben verborgene Nutzungspotentiale vorhanden zu sein. Betriebe mit Mittelserienfertigung betrachten zu 13 % und Einzel- beziehungsweise Kleinserienfertiger immerhin noch zu je 10 %



**Bild 5. Geplanter und realisierter Robotereinsatz nach Produktkomplexität**



**Bild 6. Typisierung von Betrieben mit Roboternutzungspotential**

fehlende, für ihre spezifischen Bedingungen geeignete technische oder wirtschaftlich überzeugende Lösungen als Grund für den mangelnden Einsatz von Industrierobotern in ihren Betrieben. Diese Betriebe würden möglicherweise durchaus Industrieroboter einsetzen, wenn entsprechende, an ihre Bedürfnisse angepasste Roboterlösungen bereitgestellt würden. Ähnliches gilt für die Hersteller komplexer Erzeugnisse (12 %) und komplexer Anlagen (12 %). Neue spezifisch angepasste Roboterlösungen scheinen demnach insbesondere für Einzel-, Klein- und Mittelserienfertigung sowie für komplexe Erzeugnisse und Anlagen zu fehlen.

**5 Homogene Betriebstypen mit geringem, mittlerem und hohem Robotererschließungspotential**

Die unterschiedlichen Betriebstypen lassen sich grafisch darstellen, indem die Nutzerquote von Industrierobotern auf der x-Achse eines Portfolios und die aufgrund von fehlenden technischen oder wirtschaftlich überzeugenden Lösungen noch nicht ausgeschöpften Nutzungspotentiale auf der y-Achse abgebildet werden. Auf diesem Wege lassen sich drei Typen von Betrieben mit jeweils unterschiedlichem Robotererschließungspotential ableiten (**Bild 6**).

**5.1 Typ I: Kleine Hersteller komplexer Produkte mit hohem Robotererschließungspotential**

Der erste Typ von Betrieben umfasst kleinere Unternehmen aus dem Maschinenbau, Hersteller von Elektrizitätserzeugungsgeräten oder Hersteller von Medizin-, Mess-, Steuer- und Regelungstechnik sowie Optik mit bis zu 100 Mitarbeitern, die komplexe mehrteilige Produkte oder Anlagen in Einzel- oder Kleinserie herstellen. Dieser Betriebstyp weist ein überdurchschnittliches Robotererschließungspotential auf. Dieses unausgeschöpfte Potential für Roboteranwendungen ist auch deshalb vergleichsweise hoch, da die Nutzerquote in den Betrieben diesen Typs im Vergleich zu den beiden anderen Typen bislang am geringsten ausfällt. Lediglich rund ein Fünftel der Betriebe geben an, Industrieroboter in der Produktion einzusetzen. Andererseits sind für durchschnittlich knapp 12 % dieser Betriebe fehlende technische oder wirtschaftlich überzeugende Lösungen der Grund, dass Roboter nicht zum Einsatz kommen. Mehr als jeder neunte kleine Betrieb, der komplexe Produkte in kleiner Serie herstellt, würde demnach zukünftig Roboter benutzen, wenn diese Automatisierungsgeräte technisch den Bedürfnissen dieser Betriebe entsprächen und wirtschaftlich einzusetzen wären.

**5.2 Typ II: Mittlere Hersteller einfacher Produkte mit mittlerem Robotererschließungspotential**

Der zweite Typ umfasst mittlere Hersteller von Metall-erzeugnissen oder Gummi- und Kunststoffwaren mit 100 bis 249 Mitarbeitern, die einfache Produkte in Mittelserie fertigen. Die Nutzerquote von Robotern für Betriebe, die diesem Typ zuzuordnen sind, liegt bei rund 30 %. Damit setzen mittlere Hersteller von einfachen Produkten zu rund 10 %-Punkten mehr Roboter in der Produktion ein als kleine Hersteller von komplexen Produkten des ersten Typs.

Wird das nicht ausgeschöpfte Anwendungspotential von Robotern bei Betrieben des zweiten Typs näher beleuchtet, so zeigt sich, dass rund 10 % dieser Betriebe Roboter einsetzen würden, wenn adäquate technische oder wirtschaftlich überzeugende vorhanden wären. Die mittelgroßen Hersteller einfacher Produkte des zweiten Typs lassen folglich ein mittleres noch unausgeschöpftes Robotererschließungspotential erwarten. Sie setzen bislang bereits deutlich mehr Roboter ein als Betriebe des ersten Typs. Offenbar entsprechen die bisher angebotenen Roboterlösungen eher den Erwartungen von mittelgroßen Betrieben, die einfache Produkte herstellen.

**5.3 Typ III: Große Fahrzeughersteller und -zulieferer mit geringem Robotererschließungspotential**

In Typ III werden große Fahrzeughersteller und -zulieferer mit über 250 Mitarbeitern zusammengefasst, die ihre Produkte in großer Serie produzieren. Das weitere Robotererschließungspotential für die Betriebe dieses Typs ist eher gering einzuschätzen. Roboter werden bereits bei der Hälfte dieser Betriebe in der Produktion eingesetzt. Damit sind Roboter bei großen Herstellern und Zulieferern im Fahrzeugbau deutlich weiter verbreitet als bei kleinen Herstellern komplexer Produkte in Einzel- bis Kleinserie (Typ I, Nutzerquote 20 %) wie auch bei mittelgroßen Herstellern einfacher Metall- oder Kunststoffprodukte (Typ II, Nutzerquote 30 %). Andererseits scheinen die existierenden Roboterlösungen den Bedürfnissen der Fahrzeughersteller und -zulieferer bereits gut zu entsprechen. Lediglich knapp 6 % dieser Betriebe gibt an, dass fehlende technische oder wirtschaftlich überzeugende Lösungen einem Einsatz von Robotern entgegenstünden. Dies zeigt, dass die Hersteller von Industrierobotern ihre Produkte bisher deutlich an den Bedürfnissen der Automobilbranche ausgerichtet haben.

**6 Fazit und Ausblick**

Die vorgestellte Analyse auf Basis der Erhebung „Innovationen in der Produktion“ des Fraunhofer ISI hat gezeigt, dass der Einsatz von Industrierobotern in Deutschland in den vergangenen zwanzig Jahren stetig zugenommen hat. Der Anteil der roboter-nutzenden Betriebe beträgt heute je nach Unternehmensgröße zwischen 12 % und 50 %. Größere Unternehmen setzen überproportional häufig Industrieroboter ein, während ein deutlich geringerer Anteil kleiner und mittlerer Unternehmen Roboter nutzt. Am häufigsten kommen Roboter in der Automobilindustrie und deren Zulieferern zum Einsatz. Roboterlösungen sind daher deutlich auf die speziellen Bedürfnisse der Automobilbranche zugeschnitten. Seltener finden sich Roboter in anderen Industriezweigen oder bei der Einzel- und Kleinserienfertigung. Hier werden die größten unausgeschöpften Nutzungspotentiale für den Einsatz von Industrierobotern vermutet. Während für große Betriebe aus dem Fahrzeugbau mit Großserienfertigung bereits ausgereifte Roboterlösungen existieren und hier die Nutzungspotentiale von Industrierobotern hinsichtlich Neukundengewinnung bereits heute weitgehend ausgeschöpft sind, fehlt es für andere Anwendungen, insbesondere in kleineren und mittleren Unternehmen zum Teil noch an spezifischen technischen oder wirtschaftlich überzeugenden Lösungen. Bei diesen Unternehmen könnten durch die Bereitstellung geeigneter Roboterlösungen für Mittel- und Kleinserienfertigung sowie für bestimmte Operationen bei der Herstellung komplexer Produkte neue Anwendungsfelder erschlossen werden.

Vor dem Hintergrund dieser Ergebnisse stellt sich die Frage, welche neuen Roboterlösungen für die identifizierten Unternehmenstypen mit einem hohen Nutzungspotential angeboten werden können. Dies ist der Ausgangspunkt eines aktuellen europäischen Projekts, in dem ein Konsortium von mehreren Forschungseinrichtungen und Roboterherstellern neue technische und wirtschaftlich überzeugende Roboterlösungen speziell für kleine und mittlere Unternehmen (KMU)

entwickelt. Im Projekt „SMERobot“ (The European Robot Initiative for Strengthening the Competitiveness of SMEs in Manufacturing) [7] werden kleinere, leichter handhabbare, schnell installierbare und günstige Industrieroboter für KMU entwickelt. Parallel zur technischen Entwicklung werden in diesem Forschungsprojekt auch neue Geschäfts-, Service- und

Betreibermodelle für Roboterhersteller oder Systemintegratoren konzipiert, die KMU die Anschaffung und den Betrieb von Industrierobotern ermöglichen und erleichtern sollen. Am Projektfortschritt Interessierte können weitere Informationen auf der Internetseite [www.smerobot.org](http://www.smerobot.org) abrufen.

### Literatur

[1] N. N.: VDMA – Robotik + Automation. Portrait der Branche 2004. Stand: Juni 2004 sowie VDMA – Robotik + Automation. Portrait der Branche 2006. Stand: Februar 2006. Frankfurt am Main: VDMA 2004 und 2006

[2] N. N.: United Nations and International Federation of Robotics – World Robotics 2002. Genf: United Nations Publication 2002

[3] N. N.: United Nations and International Federation of Robotics – World Robotics 2005. Genf: United Nations Publication 2005

[4] Widmann, W.: Automotive kippt Robotermarkt. Produktion (2005) Nr. 43

[5] Lay, G.; Maloca, S.: Dokumentation der Umfrage „Innovationen in der Produktion“ des Fraunhofer-Instituts für System- und Innovationsforschung (ISI), Karlsruhe, 2004

[6] Widmann, W.: Roboter breiten sich aus im Land. Produktion (2005) Nr. 30

[7] N. N.: Internetadresse: [www.smerobot.org](http://www.smerobot.org). Informationsseite zum Projekt „SMERobot – The European Initiative for Strengthening the Competitiveness of SMEs in Manufacturing“. Stand: 09.06.2006