

Potentiale modularer mobiler Roboter im industriellen Einsatz

*Dipl.-Ing. Mathias Brandstötter, Univ.-Prof. Dr. Michael Hofbauer
Institut für Automatisierungs- und Regelungstechnik, UMIT, Hall in Tirol.*

1 Einleitung

Der Einzug automatisierter Handhabungsgeräte in die Industrie, insbesondere von Robotern, ist weitestgehend vollzogen. Wir befinden uns bereits auf einer weiteren Stufe der Automatisierung, die das Erfordernis des menschlichen Eingriffs zu minimieren versucht. Bei variierenden Arbeitsfolgen, veränderten Umweltbedingungen, abgewandelten Aufgabenstellungen oder auch beim Auftreten von Fehlern sollen die Systeme möglichst autonom handeln. Als Beispiel für ein derartiges Robotersystem seien adaptive Fertigungs- und Transportsysteme genannt. Derartige Robotersysteme können die Produktivität in einem Fertigungsbetrieb steigern, sofern die durch den autonomen Betrieb gewonnene Flexibilität dieser Komponenten im Gesamtprozess zugelassen wird.

2 Mobile modulare Roboter

Eine Möglichkeit, den Grad der Prozessautonomie zu erhöhen, ist durch die Verwendung modularer mobiler Roboter gegeben. Darunter sind bewegliche autonome Einheiten zu verstehen, die Einzeln oder im Verbund gestellte Aufgaben selbstständig lösen. Eine einheitliche Baugröße sowie einheitliche Schnittstellen erlauben es, einen Roboter bedürfnisgerecht aufzubauen bzw. ihn bei Bedarf auch zu verändern. Die Erweiterbarkeit, Rekonfiguration und Austauschbarkeit sind dabei die wesentlichen Vorteile gegenüber fest konfigurierten Roboterfahrwerken. Ein früherer Ansatz für ein derartiges Robotersystem in modularer Bauweise mit quadratisch ausgeprägter Grundmodulgeometrie ist in [1] zu finden. Eine vielseitig anwendbarere Modulbauform kann allerdings durch eine hexagonale bzw. wabenförmige Bauform der einzelnen Roboterkomponenten erzielt werden [2].

2.1 Modulare Roboter in Wabenbauform

Bei der Entwicklung unseres mobilen Robotersystems haben analoge systematische Überlegungen dazu geführt, ein modulares System mit wabenförmiger Struktur zu konstruieren [3]. Die Robotermodule unserer experimentellen Plattform bestehen aus Antriebs- und Recheneinheiten. Sie sind darüber hinaus mit Akkumulatoren sowie den notwendigen Sensoren bestückt. Ein großer Vorteil der gleichseitigen Sechseckmodule ist die Möglichkeit, sie in vielfältiger Weise anzuordnen. Es wurden Radwaben, CPU-Waben und Akkuwaben entwickelt, die beliebig miteinander kombiniert werden können. Abbildung 1a zeigt einen Roboter mit gelenkten Standardrädern, aufgebaut aus vier Modulen. Eine spezielle Antriebskonstruktion, welche in der Radwabe verbaut ist (siehe Abbildung

1b), erlaubt einen unbegrenzten Schwenkwinkel der Räder um die Hochachse. Diese uneingeschränkte Lenkmöglichkeit ist bei Verwendung gelenkter angetriebener Standardräder hilfreich, um eine vollständige Manövrierbarkeit des Roboters sicherzustellen.

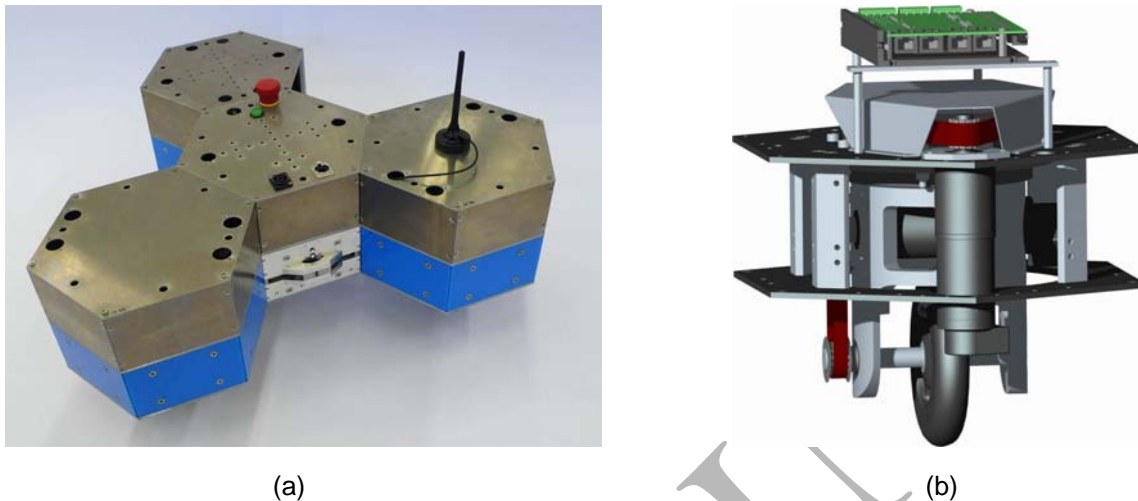


Abbildung 1: Modularer Wabenroboter

Sollen zwei Module miteinander verbunden werden, geschieht dies über einen entsprechenden Docking-Mechanismus.

2.2 Einsatz modularer Roboter bei Transportaufgaben

Im logistischen Alltag ist man häufig damit konfrontiert, dass sich die zu transportierenden Güter wiederholt ändern. Modulare Transportroboter ermöglichen es nun, den strukturellen Aufbau abhängig vom Transportgut, flexibel und schnell anzupassen, sowie die vorhandenen Transportmodule ökonomisch sinnvoll einzusetzen. Parameter die maßgeblich Einfluss auf die geometrische Gestalt des Roboters nehmen können, sind die Form und das Gewicht der Ladung. Damit entsteht eine bedarfsorientierte Verwendung und Zusammensetzung beim Einsatz von Robotermodulen, deren Stärke gerade bei einem dynamischen Transportfluss hervortritt.

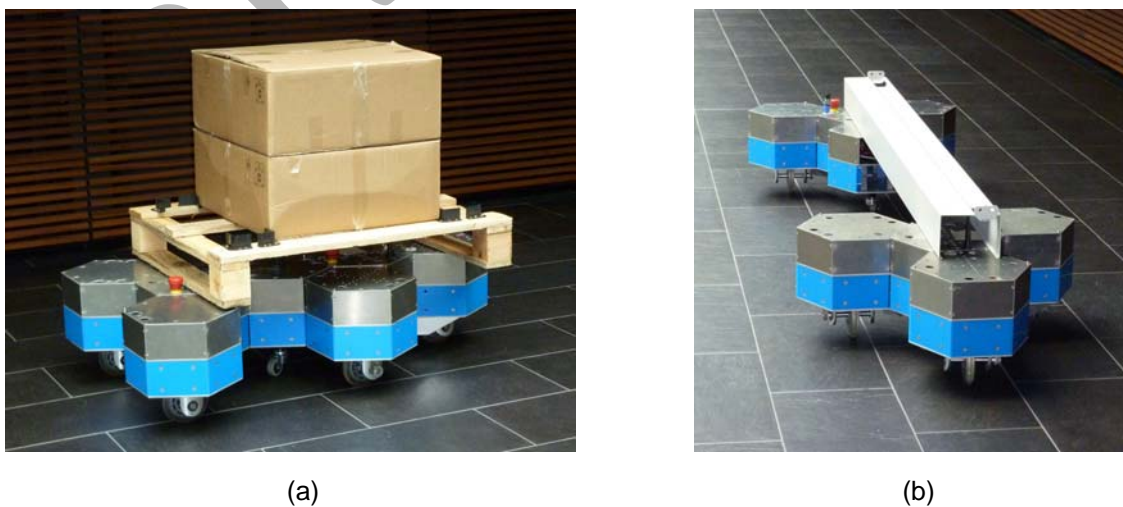


Abbildung 2: Modularer Transportroboter

Arbeiten zum passiven Objekttransport mit mehreren omnidirektionalen Robotern werden, zum Beispiel, auch in [4] präsentiert. Es besteht darüber hinaus aber auch die Möglichkeit, die einzelnen Module direkt an das Ladegut selbst oder an eine Transportplattform anzubringen. Der Verbund an sich, kann dadurch als beräderter mobiler Roboter angesehen werden.

Der Nutzen der oben beschriebenen flexiblen Konfiguration wird begleitet von der Option, zu einem späteren Zeitpunkt, bei Bedarf, das Robotersystem durch weitere Module zu ergänzen. Dabei sichern die wiederverwendbaren Einheiten stets eine wirtschaftliche Verwendung.

3 Modellbasierte Regelung modularer Roboter

Um die Vielfalt an möglichen Konfigurationen des Roboters handhaben zu können, wurde von uns eine modellbasierte Regelung entwickelt. Die gegenwärtigen geometrischen Parameter des Fahrwerks ergeben mit den momentanen Betriebszuständen der Antriebsmodule ein, für die jeweils aktuelle Roboterzusammensetzung gültiges, kinematisches Modell. [5]

Bei der Vereinigung zweier Transportplattformen, direkt oder indirekt über das Ladegut, wird das entstandene Multi-Roboter-System über die verwendete Regelungsarchitektur analysiert und durch den Zusammenschluss ergebende Gesamtkinematik entsprechend für Fahrbefehle freigegeben. Die Robotereinheiten verrichten in diesem Fall eine Formationsfahrt und werden über die Generierung eines gemeinsamen Roboterkoordinatensystems (siehe Abbildung 3) miteinander gekoppelt. [6]

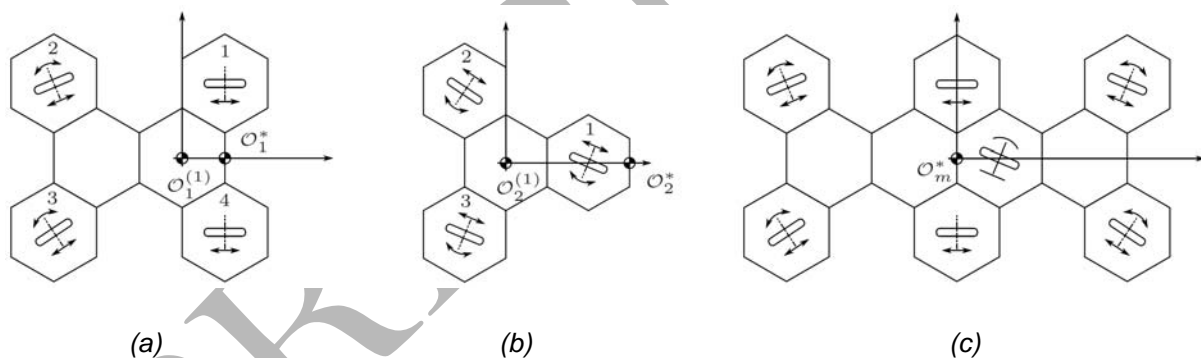


Abbildung 3: Kopplung zweier Roboter über gemeinsames Koordinatensystem

4 Umgang mit Fehlern im Antriebsmodul

Sind fahrerlose Transportfahrzeuge im praktischen Einsatz, treten nach einer gewissen Anzahl von Betriebsstunden zwangsläufig Fehler bzw. Schäden an der Hardware auf. Die modulare Bauweise hat diesbezüglich den Vorteil, nur das defekte Modul des Roboters austauschen zu müssen.

In solchen Fällen kommt in der Roboterregelung ein Rekonfigurationsalgorithmus zum Einsatz, der Fehler im Fahrwerk, wie ein feststeckendes Rad oder einen defekten Motor, erkennt und die Auswirkungen zu kompensieren versucht. Es gelingt in einer Vielzahl von Fehlerfällen trotz Auswirkungen auf die Manövrierbarkeit, Pfadtreue sicherzustellen, wodurch zum Beispiel das autonome Anfahren einer Servicestation auch im Falle des Vorhandenseins eines Defekts im Fahrwerk möglich wird. Ohne Eingriff des Menschen erkennt der Roboter seine Störung selbst und

handelt situationsbedingt eigenständig, womit die Wartungszeit und der Instandsetzungsaufwand herabgesetzt werden.

5 Alternative Verwendung der Robotermodule

Die Möglichkeiten die Einzelmodule zu einem Roboter zusammenzuschließen, oder aber auch autonom verbinden zu lassen, sind zahlreich. So ist auch die Vielfalt der derzeit eingesetzten mobilen Roboter mit Radantrieben generell groß und die dabei vorherrschende Kinematik nicht immer leicht zu verstehen. Modulare Roboter eignen sich daher auch ausgezeichnet, diverse Roboterfahrwerke in Forschung und Lehre zu studieren. Neben dem geometrischen Aufbau, der Verwendung unterschiedlicher Räder, wie gelenkter und un gelenkter Standardräder oder omnidirektionaler Räder, kann auch der Zusammenschluss von Robotern und dessen Auswirkungen auf die Kinematik genauer betrachtet bzw. vermittelt werden.

6 Literatur

- [1] Mutambara, A.: Decentralized Estimation and Control for Multisensor Systems; 1. CRC: 1998, S. 256.
- [2] Stoy, K.; Brandt, D.; Christensen, D.: Self-Reconfigurable Robots; The MIT Press: 2010, S. 113.
- [3] Jantscher, S.: Modulares rekonfigurierbares Roboterfahrwerk; Diplomarbeit am Institut für Regelungs- und Automatisierungstechnik, Technische Universität Graz, 2008.
- [4] Hirata, Y.; Ojima, Y.; Kosuge, K.: Distributed Motion Control of Multiple Passive Object Handling Robots Considering Feasible Region of Brake Control; IEEE International Conference on Robotics and Automation: 2010, Anchorage, Alaska, USA, S. 3413.
- [5] Brandstötter, M.; Hofbaur, M.; Steinbauer, G.; Wotawa, F.: Model-Based Fault Diagnosis and Reconfiguration of Robot Drives; IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems: San Diego, CA, USA, 2007.
- [6] Hofbaur, M.; Brandstötter, M.; Jantscher, S.; Schörghuber, Ch.: Modular Re-Configurable Robot Drives. 2010 IEEE International Conference on Robotics and Automation and Mechatronics (RAM 2010): Singapur, 2010.

7 Danksagung

Forschungsfinanzierung durch den österreichischen Forschungsfonds FWF unter Projekt P20041-N15.