

# VolksBot - ein modularer Roboterbaukasten für Ausbildung und Forschung

Thomas Wisspeintner, Ansgar Bredenfeld

Fraunhofer Institut für Autonome Intelligente Systeme (AIS)  
Schloss Birlinghoven  
D-53754 Sankt Augustin

thomas.wisspeintner@ais.fraunhofer.de, ansgar.bredenfeld@ais.fraunhofer.de

**Abstract:** VolksBot ist ein Baukastenkonzept zur anwendungsspezifischen Entwicklung mobiler Roboterplattformen. Das Konzept adressiert den steigenden Bedarf nach wiederverwendbaren Hardware-, Software- und Mechatronikkomponenten, aus denen mittels standardisierter Schnittstellen schnell Robotersysteme skalierbarer Komplexität aufgebaut werden können. Der vorliegende Beitrag konzentriert sich auf Erfahrungen, die bisher beim Einsatz des VolksBot-Konzeptes in der Lehre und Ausbildung gemacht wurden.

## 1 Einleitung

Im September 2002 wurde im Fraunhofer Institut für Autonome Intelligente Systeme das VolksBot Projekt [1] gestartet, zunächst mit dem Ziel, eine kostengünstige, robuste und modulare Roboterplattform zur Verfügung zu stellen, die als Basissystem sowohl für die Entwicklung von speziellen Roboteranwendungen als auch als Vehikel für Forschung und Ausbildung verwendbar ist. Die Vorteile des Einsatzes mobiler Roboter in der Ausbildung und Lehre liegen heute auf der Hand. Software-Praktika im Informatik-Studium, RoboCup-Teams an Universitäten und Forschungseinrichtungen, diverse Roboter-AGs an Schulen und Roboterkurse in technischen Museen sind nur einige Beispiele. Der bei Robotern notwendige Umgang mit kompletten technischen Systemen hat einen positiven Einfluss auf die Motivation der Lernenden. Zudem wird die Zusammenarbeit im Team gefordert und gefördert, da in der Regel interdisziplinäre Fragestellungen aus den Bereichen Hardware, Software und Mechatronik zu behandeln sind. Die Vielfalt und Komplexität der interdisziplinären Lehrinhalte rund um das Lehrmittel mobiler Roboter führt aber auch zu Schwierigkeiten, da ein Experiment oder eine Kurseinheit in der Regel einen oder sogar mehrere zudem durchaus verschiedene Roboter erfordert. Um dieses Problem zu überwinden, begannen wir mit der Entwicklung eines flexiblen Roboterbaukastenkonzeptes, das eine schnelle Anpassbarkeit an spezifische Aufgabenstellungen durch die Wiederverwendbarkeit von Hardware- und Software-Modulen erlaubt. Diese Komponenten werden über offene Schnittstellen zu Systemen zusammengesetzt. Die Idee eines Roboterbaukastens ist nicht neuartig. Bekannte Beispiele hierfür sind Lego Mindstorms [2] Fischer-

technik, Tetrixx [3] oder das Cube System [4]. Obwohl der Aspekt der Modularisierung sehr gut von den meisten dieser Systeme umgesetzt wird, sind sie in ihrer Anwendbarkeit und Leistungsfähigkeit begrenzt, da sie auf Miniaturisierung und einfache, kostengünstige Hardware setzen. Roboterplattformen höherer Komplexität wie Pioneer oder Koala haben in der Regel eine feste Morphologie oder verfolgen kein Baukastenprinzip. Ein Beispiel für ein Baukastensystem, welches in vergleichbarer Weise auf den Ausbildungsbereich zielt, ist das MoRob-Projekt [5].

## 2 Das VolksBot Konzept

VolksBot ist ein Baukastenkonzept basierend auf einer Plug-In Architektur in Hardware, Software und Mechanik. Die Kombination bereits vorhandener, standardisierter Module mit der Möglichkeit der schnellen Integration neu entwickelter Komponenten ermöglicht eine effektive Anpassung des Systems an eine Anwendung oder ein spezielles Experiment. Abbildung 1 zeigt eine VolksBot Basisvariante.



Abbildung 1: Eine VolksBot Basisvariante

### 2.1 Mechanik und Hardware Komponenten

Der mechanische Aufbau des Roboters verwendet standardisierte Bauteile in Leichtbauweise, die eine hohe Festigkeit bieten. Die verwendeten Aluminiummaschinenbauprofile lassen sich einfach bearbeiten, so dass Modifikation und mechanische Erweiterungen mit geringem Werkzeugeinsatz realisiert werden können. Abbildung 2 zeigt einige Komponenten wie Batterie, Motorcontroller und drei Antriebseinheiten, die mit verschiebbaren Schraubverbindungen an den Aluminiumprofilen des Hauptrahmens befestigt werden. Die Position der Komponenten bleibt daher variabel. Ein Notebook-PC oder ein Embedded-

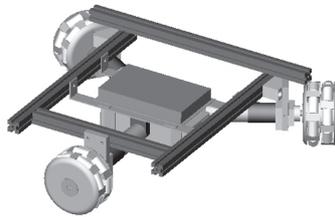


Abbildung 2: CAD Modell eines VolksBot Hauptrahmens mit montierten Komponenten einschließlich holonomer Antriebseinheiten

PC dient als zentraler Steuerrechner des Roboters. Die Antriebseinheiten bestehen aus einem hochwertigen MAXON DC Motor mit Planetengetriebe und Digital-Encoder. Der Motorcontroller TMC200 ist über eine serielle Schnittstelle mit dem PC verbunden. Er ist in der Lage, drei Motoren zu steuern, deren Odometrie zu erfassen und sie thermisch zu überwachen. Das katadioptrische Kamerasystem AISVision besteht aus einer IEEE1394 Kamera und einem hyperbolischen Spiegel und ist ebenfalls als Komponente ausgelegt. Die sogenannte MBoard-Komponente dient zur synchronen Ansteuerung von bis zu 32 Modellbau-Servos und zu simultanen Erfassung von bis zu 32 analogen Eingängen mit einer Abtastrate von 50 Hz. Weitere Sensoren wie Kompass, GPS, Gyroskop oder Laserdistanzmesser wurden auf dem System bereits integriert und liegen als dokumentierte Komponente in der VolksBot-Hardwarebibliothek vor.

## 2.2 Software Framework

Softwareseitig wird ebenfalls ein klar strukturiertes Komponentenkonzept verfolgt. ICONNECT [6] wird als Framework zur Komposition von Signalgraphen verwendet. Ein Signalgraph in ICONNECT ist ein Netzwerk verbundener signalverarbeitender Module. Ein Modul besteht aus einem Schnittstellen- und einem Implementierungsteil. Signalgraphen werden über eine intuitive grafische Oberfläche zusammengesetzt. Dies gestattet gerade Anfängern einen schnellen Zugang zur Programmierung des Roboters und erniedrigt hierdurch die Einstiegsschwelle. Eine Vielzahl von Modulen sind bereits Bestandteil des ICONNECT-Frameworks. Sie bieten Funktionalität für Logik, Signalverarbeitung, Regelungstechnik und Neuronale Netze. Die Schnittstellen des Steuer-PCs lassen sich über Hardware-IO-Module und Module für die Netzwerkkommunikation bequem ansprechen. Daneben lassen sich mit Modulen für die Visualisierung von Daten und für Bildschirmdialoge ohne Programmieraufwand ansprechende interaktive Benutzerschnittstellen aufbauen. Abbildung 3 zeigt einen Signalgraphen mit Kameraschnittstelle, Bildverarbeitung, Verhaltenskontrolle und Aktuatorscheitstelle. Neben diesen Basismodulen von ICONNECT wurde von Fraunhofer AIS robotikspezifische Funktionalität ergänzt und den Nutzern verfügbar gemacht. Dies beinhaltet unter anderem die Integration der Bildverarbeitungsbibliotheken OpenCV und AISVision, eines Simulators auf Basis der Open Dynamics En-

gine, einer Schnittstelle zu Matlab-Simulink, eine CORBA-Schnittstelle inklusive eines zugehörigen Java Clients, Kontrollverfahren auf Basis rekurrenter neuronaler Netze [7] oder der Integration von Verhalten auf Dual Dynamics Basis aus dem DD-Designer Tool [8].

Die Module eines Signalgraphen werden mittels des speziellen Schedulers des ICONNECT-Frameworks ohne vorheriges Kompilieren ereignisgesteuert in Echtzeit ausgeführt. Jedes Modul wird als dll in einer Modulbibliothek inklusive Dokumentation und Beispielgraph abgelegt. Mittels Modultemplates in C++ können eigene Softwaremodule erstellt werden. Für den Benutzer bietet dieses Framework somit unterschiedliche Ebenen der Einflussnah-

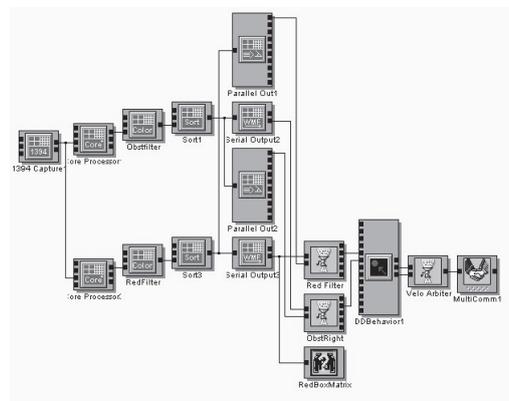


Abbildung 3: Signalgraph mit Kameraschnittstelle, Bildverarbeitung, Verhaltenskontrolle und Aktuatorscheinelle

me auf die Funktionsweise des Gesamtsystems. Einsteiger beginnen mit der Ausführung von bestehenden Signalgraphen und deren Anpassung und Parametrierung über Benutzerdialoge. Rasch sind Einsteiger in der Lage, eigene Signalgraphen unter Verwendung vorhandener Module zu komplexen Steuersystemen zusammenzusetzen. Fortgeschrittene und Experten können ICONNECT durch die Programmierung eigener Module in C++ und deren Einbettung in das Framework um eigene Algorithmen erweitern.

### 3 Anwendung in der Ausbildung

Im Bereich der Ausbildung wird das VolksBot Konzept derzeit in Studentenprojekten und Kursen an Fachhochschulen und Universitäten und in einem Pilotversuch in einer Berufsschule eingesetzt. Zudem wird der VolksBot als Basissystem für das gemeinsame Middle-Size League RoboCup-Team von Fraunhofer AIS und der Fachhochschule Bonn-Rhein-Sieg eingesetzt. Bei Projekten kürzerer Dauer, die in kleineren Gruppen durchgeführt wurden, etwa Praktika oder Diplomarbeiten, liegt der Vorteil in der kurzen Einarbeitungszeit und der Möglichkeit sich auf einzelne Teilaspekte des Systems wie z. B.

Kontrollstrategien oder Wahrnehmung zu konzentrieren. Das Komponentenkonzept und der Einsatz des ICONNECT-Frameworks erlaubt es, das Gesamtsystem auf einer höheren Abstraktionsebene zu erfassen und der jeweiligen Aufgabe anzupassen. Bei länger andauernden Projekten wie das Middle-Size League RoboCup-Team zeigten sich die Vorteile des VolksBot-Konzeptes da neue Studenten schnell die Ergebnisse des vergangenen Jahres in Form von gut dokumentierten Hardware- und Softwaremodulen benutzen konnten. Im Rahmen des RoboCup Rescue Workshops 2004 in Rom wurde eine erweiterte VolksBot Variante als Basis benutzt, um innerhalb von 15 Stunden Arbeitszeit mit einer Gruppe von acht Studenten, die kein spezielles Vorwissen über das System hatten, einen lauffähigen Rescue-Roboter mit teilautonomen Verhalten zu entwickeln. Aufgabe war es, das gesamte Kontrollsystem des Roboters inklusive Signalverarbeitung, Videokompression, WLAN Übertragung des Videostreams, Schnittstellen für Teleoperation, teilautonomes Verhalten und Aktuatorsteuerung zu entwickeln, wobei ein Hindernisvermeidungsalgorithmus angepasst werden musste. Im Rahmen dieses Kurses wurde auch eine interaktive Benutzerschnittstelle inklusive Visualisierung der Kamera- und Laserscannerdaten, Joystickinterface und Statusanzeige entwickelt. Am Ende des Workshops fand eine erfolgreiche Demonstration des Rescue-Roboters statt. Das VolksBot Konzept unterstützte den Entwicklungsprozess hier insbesondere durch die Möglichkeit der fein granularen Rekombination bereits vorhandener Funktionalität auf Modulebene und durch die geringe Einarbeitungszeit in das ICONNECT Framework. Ein Pool für Kursmaterial für das VolksBot Baukastensystem wird zur Zeit konzipiert. Dozenten sollen ihr Didaktikmaterial auf der Granularität einzelner Kurseinheiten austauschen können, nicht zuletzt um eigene Aufwände durch die gegenseitige Wiederverwendung von Lehrmaterial zu minimieren und sich auf die Erstellung von neuen Kurseinheiten für neue Komponenten zu konzentrieren.

## Literatur

- [1] Wisspeintner, T., Nowak, W., Bredenfeld, A.: VolksBot - A flexible component-based mobile robot system. Proc. RoboCup Symposium 05
- [2] Mikhak, B., Berg, R., Martin, F., Resnick, M., Silverman, B.: To Mindstorms and Beyond: Evolution of a Construction Kit for Magical Machines. Robots for Kids: Exploring New Technologies for Learning Experiences 00 (2000)
- [3] Enderle, S., Sablatnog, S., Simon, S., Kraetzschmar, G.: Tetrxxx - A Robot Development Kit. Proc. First International Workshop on Edutainment Robots 00 (2000)
- [4] Birk, A.: Fast Robot Prototyping with the CubeSystem. Proc. ICRA 04 (2004)
- [5] Gerecke, U., Hohmann, P., Wagner, B.: Concepts and Components for Robots in Higher Education. Proc. WAC 04 (2004)
- [6] Mandl, R., Sick, B.: Messen, Steuern, Regeln mit ICONNECT. (2003), ISBN: 3528058129
- [7] Zahedi, K., Hülse, M., Pasemann, F.: Evolution nicht-linearer Kontrolle für mobile Roboter in dynamischen Umgebungen. atp, no. 10, pp. 2-8, october 2004
- [8] Bredenfeld, A., Indiveri, G.: Robot Behavior Engineering using DD-Designer. Proc. ICRA 01 (2001)