

Konzeption dreier Roboter zur Unterhaltung der Besucher eines Museums

Dipl.-Inf. Birgit Graf, Dipl.-Inform. Winfried Baum, Dipl.-Phys. Andreas Traub,
Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. mult. Rolf Dieter Schraft

Fraunhofer Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA), Nobelstrasse 12,
70569 Stuttgart, Germany, e-mail: btg@ipa.fhg.de

Zusammenfassung

Mit dem Ziel, Museumsbesucher mit einer neuen technischen Attraktion zu begrüßen, wurden vom Fraunhofer IPA drei neuartige mobile Roboter aufgebaut und programmiert /2/. Die mobilen Roboter bewegen sich als Teil eines künstlerischen Gesamtkonzepts frei im Lichthof des „Museum für Kommunikation“ in Berlin, sie unterhalten und informieren die Museumsbesucher. Die drei – von der mechanischen Basisplattform her identischen – Roboter unterscheiden sich gemäß dem künstlerischen Konzept durch ihr Auftreten, ihre äußere Gestalt (Abbildung 1) sowie durch die Art der Information, die sie dem Besucher geben: „Komm-rein“ ist der Animative. Er reagiert auf die Besucher, fährt auf sie zu und begrüßt sie im Museum. In Form eines Selbstgespräches referiert der Belehrende „Also-gut“ entlang der Architektur die Geschichte des Hauses. „Mach-was“, der Spielende, bewegt sich entsprechend seinem kindlichen Charakter spontan und spielt mit einem Ball.

Die Konstruktion der Museumsroboter basiert auf einem vom Fraunhofer IPA entwickelten Roboter-Prototypen für Haushalts- und Pflegeaufgaben, dem „Care-O-bot®“ /3/ /4/. Diese Vorarbeit ermöglichte die Entwicklung der Roboter für das Museum innerhalb kürzester Zeit.

Abstract

In order to entertain visitors in the recently reopened „Museum für Kommunikation“ in Berlin with a new technical attraction, three mobile robots have been built and programmed at Fraunhofer IPA. Each robot has a specific character, expressed through its looks and appearance (driving speed, voice etc.). The robots also differ in what information they give to the museum visitors. Their tasks include welcoming the visitors, leading a guided tour in the museum, or playing with a ball.

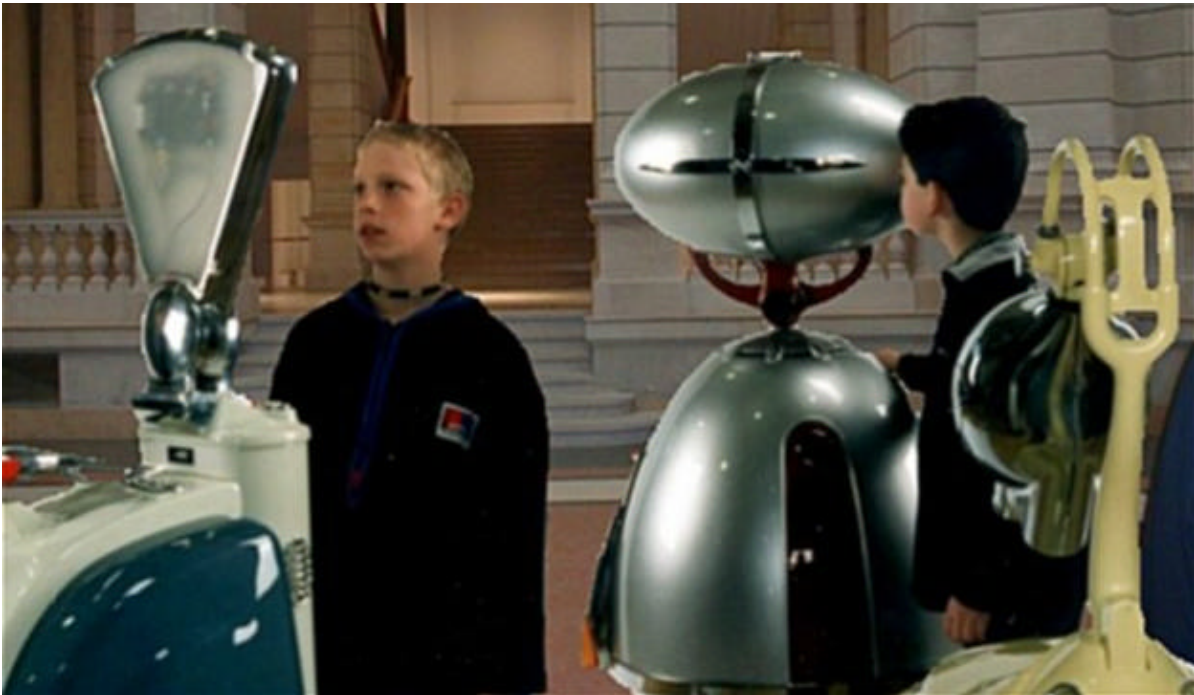


Abbildung 1: Die Roboter „Also-gut“, „Komm-rein“ und „Mach-was“
(© Bildquelle: Museumsstiftung Post und Kommunikation)

1. Softwarekomponenten

Die Steuerungssoftware der Roboter basiert auf den Softwarebibliotheken „Realtime Framework“ /4/ und „Robotics Toolbox“ (Abbildung 2). Diese am Fraunhofer IPA entwickelten Softwarepakete gestatten es nicht nur, komplexe Robotersteuerungen in kurzer Zeit zu implementieren, sie erleichtern auch die Portierung der erstellten Programme auf unterschiedliche Entwicklungsplattformen bzw. Betriebssysteme. Im folgenden werden verschiedene wichtige Komponenten aus der Robotics Toolbox beschrieben.

Lokalisierung

Ihre exakte Position ermitteln die Roboter durch das Abgleichen einer vorgegebenen Karte des Museumshofs mit den Messwerten ihres 2D-Laserscanners. Der Laserscanner ist in der Lage, bei ca. 30 Messungen pro Sekunde, seinen Abstand zu den ihn umgebenden Wänden in einem Umkreis von 180 Grad und bis zu einer Distanz von 15 Metern zu bestimmen. Dabei wird in einem Abstand von 0,5 Grad und ca. 15 cm über dem Boden gemessen. Unterstützt wird diese Positionsbestimmung durch Encoder an den

Antriebsrädern (Wegmessung) sowie durch einen faseroptischen Kreisel zur Messung von Änderungen in der Orientierung des Roboters.

Fortbewegung

Die Roboter können sich mit einer maximal erlaubten Geschwindigkeit von 0,6 m/s (etwa 2 km/h) bewegen. Der Differentialantrieb ermöglicht ihnen, komplexe Bahnen abzufahren, die sich aus Geraden, Drehungen und Kurven zusammensetzen können. Dabei wurde besonderer Wert auf eine schnelle Reaktion auf Veränderungen der Umwelt (z.B. zur Kollisionsvermeidung oder beim Verfolgen des Balls) gelegt.

Die Roboter wurden für den täglichen und ununterbrochenen Einsatz im Museum konstruiert. Acht 12V-Batterien erlauben eine durchgängige Betriebszeit von über zehn Stunden.

Die Daten des 2D-Laserscanners werden neben der Lokalisierung auch zur Hindernisumfahrung und einer damit verbundenen intelligenten Wegplanung eingesetzt. Wenn der Laserscanner Hindernisse (z.B. Besucher) auf dem Weg zum Zielpunkt des Roboters entdeckt, werden sie, wenn möglich, umfahren. Die erforderliche Zwischenposition zum Umfahren eines Hindernisses wird unter Verwendung eines modifizierten VisBug Algorithmus' /1/ generiert. Falls es nicht möglich ist, an einem Hindernis vorbeizufahren – z.B. aufgrund völliger Versperrung des Wegs – reduziert der Roboter seine Geschwindigkeit und bittet die Besucher den Weg freizumachen.

Sicherheitssensorik

Neben dem Laserscanner verfügt jeder Roboter über einen Schaumstoffbumper rings um die Basis des Roboters (ca. 1cm über Boden, ca. 50 N Auslösekraft, Sicherheitsklasse III). Wird ein Kontakt mit diesem Bumper erkannt, hält der Roboter sofort an. Um den Bereich oberhalb des Laserscanners abzusichern, werden die Signale von sechs im Bumper integrierten, nach oben gerichteten Infrarotsensoren (SHARP GP2D12, Reichweite 25-80 cm) ausgewertet. Zum Boden hin gerichtete Magnetsensoren werden – zusätzlich zu einer softwaregesteuerten Absicherung – verwendet, um sicherzustellen, dass keiner der Roboter den vorgeschriebenen Aktionsraum im Lichthof des Museums verlässt. Eine Aktivierung dieser Sensoren führt – ähnlich wie die Betätigung eines der beiden Notausknöpfe, die an jedem Roboter angebracht sind – zu einem sofortigen Stop des Fahrzeugs.

Das beschriebene Sicherheitssystem wurde von den betroffenen Berufsgenossenschaften anerkannt. Des Weiteren konnte eine CE-Zertifizierung für die Roboter erlangt werden.

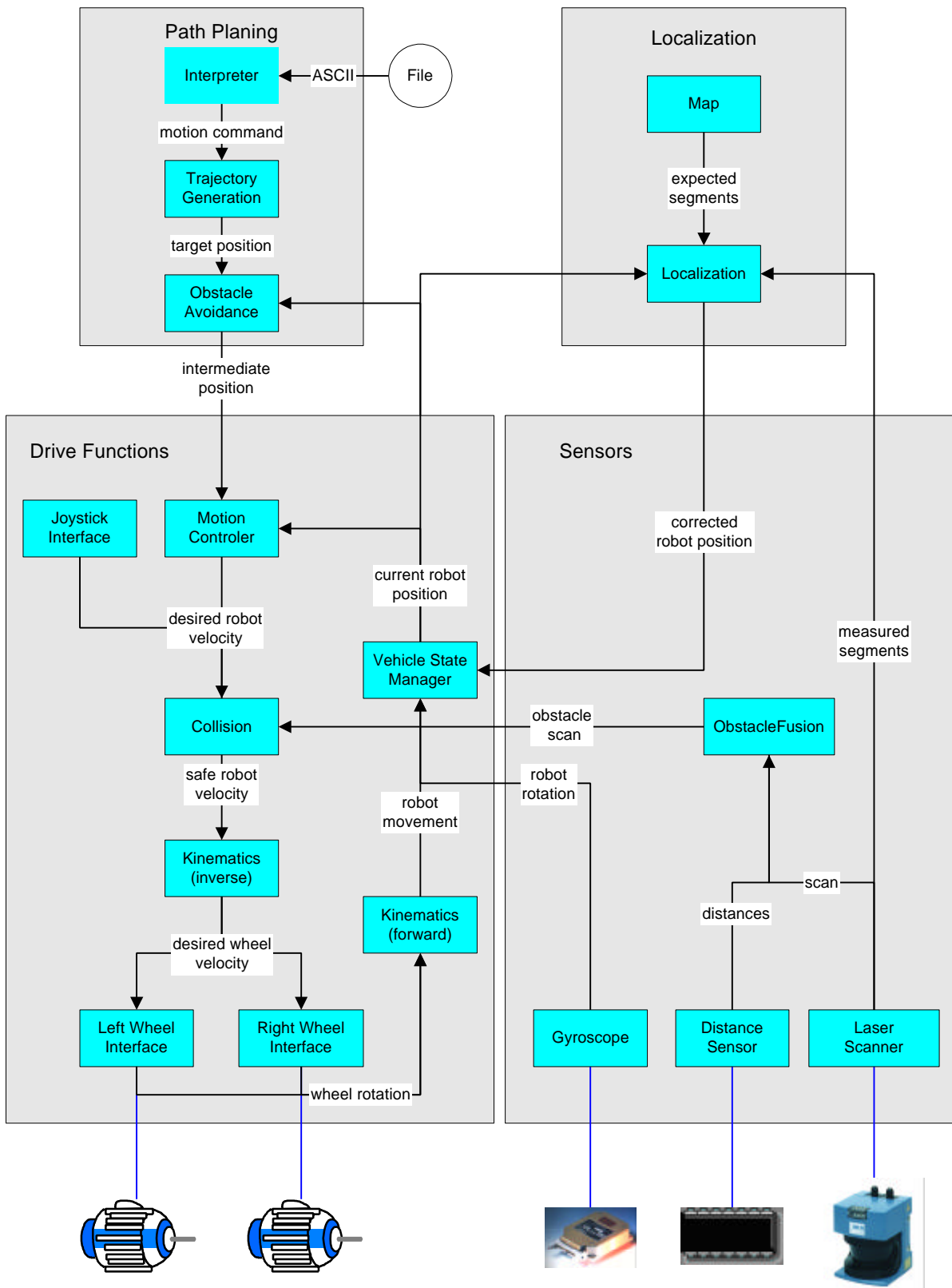


Abbildung 2: Komponenten der Robotics Toolbox

2. Der Animative

„Komm-rein“ geht in Wahrnehmung seiner Gastgeberrolle offensiv auf die Besucher zu, begrüßt diese freundlich und gibt Tipps zum Besuch des Hauses. Der Roboter ist ein kommunikativer, animierender Typ. Er bewegt sich weich, aber zielorientiert mit einer Geschwindigkeit von ca. 0,4 m/s. Zur Unterstützung der Kommunikation können Kopfbewegungen (170 Grad in jede Richtung) ausgeführt werden.

Die zu begrüßenden Besucher werden mit Hilfe des Laserscanners anhand ihrer Beine erkannt. Dabei werden Kriterien wie Durchmesser, Form und Abstand herangezogen, um mittels Fuzzy-Logik zu entscheiden, bei welchen Umgebungsobjekten es sich um Beinpaare und damit um Personen handelt. Bei der Begrüßung kann zwischen Einzelpersonen und Personengruppen unterschieden werden. Weitere Features, wie z.B. die zeitweise Fokussierung auf einzelne Besucher, die Speicherung der Positionen von bereits begrüßten Personen und eine Strategie zum Auffinden neuer Personen stellen korrekte Umgangsformen des Roboters sicher.

3. Der Belehrende

Der eher nachdenkliche „Also-gut“ hat viele Kontraste zu dem primär auf das Wohl der Besucher bezogenen „Animativen“. Er bewegt sich sehr geradlinig auf exakten Bahnen mit einer Geschwindigkeit von maximal 0,3 m/s. Dabei übermittelt er Informationen zur Geschichte des Hauses. Sowohl verbal als auch visuell. Letzteres über einen in seinem „Kopf“ integrierten LCD-Bildschirm. Die Vorträge werden außerdem durch Bewegungen des Kopfes (Nicken, Anschauen von Ausstellungsstücken) untermalt.

Die Programmierung dieses Roboters erfolgt in der am Fraunhofer IPA entwickelten Sprache MVCL („Mobile Vehicle Command Language“). Sie ermöglicht das Schreiben komplexer Operationsprogramme, bestehend aus Bewegungs- und Applikationskommandos.

Bewegungskommandos beschreiben Fahrbewegungen des Roboters (z.B. LINEAR, TURN, CIRCLE, SPLINE). Sie beinhalten die Fahrgeschwindigkeit für die gewählte Operation, sowie Zielposition und –orientierung in absoluten Koordinaten. Bewegungskommandos werden immer sequentiell ausgeführt. Applikationskommandos können verschiedener Art sein. Die Ausgabe von Multimediadateien verschiedenen Typs (WAV, AVI, MPG, BMP, EXE) sowie die Ansteuerung zusätzlicher Achsen (Kopf- oder Bildschirmbewegung) ist bereits implementiert. Alle Arten von Applikationskommandos werden zeitlich mit Bewegungskommandos synchronisiert. Für die Implementierung

komplexen Verhaltens können mehrere Applikationskommandos mit einem Bewegungskommando kombiniert werden.

MC_LINEAR 0.2 3.62 5.13	// Fahre zu Position (3.62,5.13) Geschwindigkeit: 0.2 m/sec.
AP_MM 9	// Parallel dazu: spiele Multimedialkommando Nr. 9 ab // z.B. Sprachausgabe „Wollen Sie eine Führung mitmachen?“
MC_WAIT_DURING_AP	// Warte auf Beendigung aller Multimediaausgaben
AP_HEAD 10 60	// Bewege Kopf des Roboters auf 60 Grad, mit 10 Grad/Sek. // z.B. Schau Ausstellungsstück an
AP_MM 17	// Parallel dazu: spiele Multimedialkommando Nr. 17 ab // z.B. Sprachausgabe „Den Blick nochmals ganz nach oben!“
AP_MM 10	// Nach MM 17 spiele Multimedialkommando Nr. 10 ab // z.B. kombinierte Sprach- und Bildausgabe

Tabelle 1: Beispiel für ein MVCL Programm

4. Der Spielende

„Mach-was“ vertritt unter den anderen Robotern im Lichthof das spielerisch-interaktive Element. Selbstbezogen rennt er seinem Ball nach, nur in Spezialfällen muss er Kontakt mit seiner Umwelt aufnehmen. Hier agiert er nach dem Reiz-Reaktions-Schema: er jammert, wenn er traurig ist, schimpft, wenn er wütend ist. Der Roboter bewegt sich schnell (ca. 0,6 m/s) und zielgerichtet aber mit bewusst unruhigen Bewegungsabläufen.

„Mach-was“ erkennt den Ball – ähnlich wie der Animative die Besucher – geometrisch mit Hilfe des Laserscanners (Abbildung 3). Die Messpunkte des Scanners werden in Gruppen aufgeteilt, von denen jede ein Umgebungsobjekt bzw. einen sichtbaren Ausschnitt davon repräsentiert. In jede Punktgruppe wird nach der Methode der kleinsten Fehlerquadrate ein Kreis mit dem zu erwartenden Radius optimal eingepasst. Unterschreitet der mittlere quadratische Abstand einer Punktgruppe zu dem eingepassten Kreis einen gewissen Toleranzwert, wird davon ausgegangen, dass es sich dabei um den Ball handelt. Liegt der Ball außerhalb seines Sichtbereichs, wechselt der Spielende in einen Suchmodus. Im Gegensatz zum Animativen sind die dabei generierten Bewegungen sehr unruhig und unterstreichen damit den kindlichen Charakter.

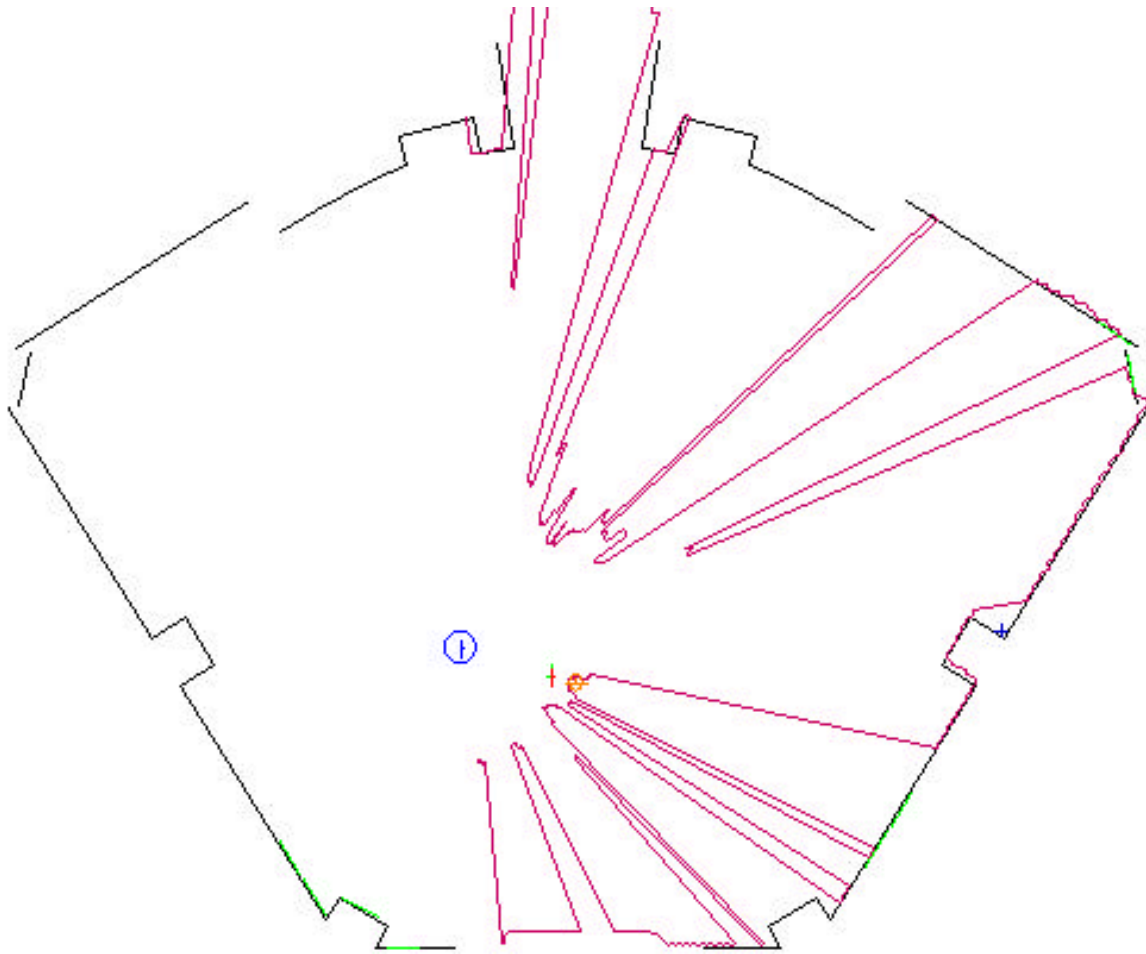


Abbildung 3: Objekterkennung (Ball) und Selbstlokalisierung mit Hilfe eines Laserscanner

5. Kooperation

Die Roboter sollen die Besucher des Museums zur Kommunikation anregen, bzw. Kommunikation vermitteln. Dazu interagieren sie mit den Besuchern – wenn diese im Weg der Roboter „Also-gut“ oder „Komm-rein“ stehen, erfolgt eine Sprachausgabe mit der Aufforderung zum Freimachen des Wegs. Des weiteren findet auch eine Interaktion der Roboter untereinander statt. Durch ein Funkethernet sind die Roboter mit einem Leitrechner verbunden, über den sie verschiedene Daten, wie z.B. ihre aktuelle Positionen, über eine CORBA-Schnittstelle austauschen können. Wenn sich zwei der Roboter nahe kommen, drehen sie sich aufeinander zu und begrüßen sich gegenseitig. Falls „Mach-was“ seinen Ball verliert, fährt „Komm-rein“ nach kurzem Timeout auf den Spielenden zu und fordert die umstehenden Personen auf, den Ball zurückzugeben.

Ferner ist es möglich, die Roboter zur Telewartung über einen zusätzlichen Leitreechner anzusteuern, der durch eine ISDN-Leitung mit dem lokalen Netzwerk verbunden ist.

6. Praxiseinsatz und Fazit

Die Neueröffnung des Museums für Kommunikation in Berlin fand am 17.3.2000 statt. Sowohl im laufenden Museumsbetrieb als auch auf der Hannover Messe, auf der vom 20. bis 25.3.2000 zwei der drei Museumsroboter ausgestellt wurden, liefen die Roboter stabil und waren Gegenstand größten Publikum- und Medieninteresses.

Dies ist das erste Mal dass eine Gruppe von mobilen, kooperierenden und autonomen Robotern in einer natürlichen Umgebung dauerhaft eingesetzt wird. Die Roboter können mit einem Minimum an Aufwand auch von ungeschultem Personal bedient werden – Funktionen zum automatischen Starten und Herunterfahren, sowie zur Selbstdiagnose und Störungsmeldung sind im Gesamtsystem integriert. Eine robuste Auslegung der Roboter garantiert einen langfristigen störungsfreien Einsatz im Museum.

Derzeitige Arbeiten beschäftigen sich mit einer Internetanbindung der Roboter, so dass z.B. Führungen im Museum interaktiv „bestellt“ werden können.

7. Literatur

- /1/ Lumelsky, V.J.; Skewis, T.: "Incorporating range sensing in the robot navigation function", IEEE Trans. Sys. Man Cybernet. 20(5), pp. 1058-1068, 1990.
- /2/ Graf, B.; Schraft, R.D.; Neugebauer, J.: "A Mobile Robot Platform for Assistance and Entertainment". In Proceedings of ISR-2000, Montreal, 2000.
- /3/ Schaeffer, C.; May, T.: „Care-O-bot: A System for Assisting Elderly or Disabled Persons in Home Environments“. In Proceedings of AAATE-99, Düsseldorf, 1999.
- /4/ Schraft, R.D.; Schmierer, G.: "Serviceroboter – Produkte, Szenarien, Visionen", Berlin u.a., Springer Verlag, 1998.
- /5/ Traub, A.; Schraft, R.D.: "An Object-Oriented Realtime Framework for Distributed Control Systems"; in Proceedings of ICRA-99, pp. 3115-3121, 1999.