

Digest

Leistungsbilanz MORPHA

Stand 15.05.2003

Inhalt

1	Wirtschaftliche Ergebnisse.....	1
1.1	Patente.....	1
1.2	Spin-off-Produkte.....	1
1.3	Spin-off-Unternehmen / neue Arbeitsplätze	2
2	Wissenschaftliche Ergebnisse	5
2.1	Highlights in der Technologieentwicklung	5
2.1.1.	Verfahren und Methoden	5
2.1.2.	Komponenten und Systeme.....	11
2.2.	Diplomarbeiten/Dissertationen/Habilitationen.....	15
2.2.1.	Dissertationen	15
2.2.2.	Diplomarbeiten	16
2.3.	Veröffentlichungen	18
2.3.1.	Veröffentlichungen in Fachjournals	18
2.3.2.	Sonstige Veröffentlichungen	19
3	Sonstige Highlights (Events, Initiativen, Kooperationen)	28

1 Wirtschaftliche Ergebnisse

1.1 Patente

DaimlerChrysler

Verfahren zur visuellen Kommandierung

DLR

Steuerungsverfahren für mobile Plattformen

Fraunhofer IPA

Sensorsystem zur arbeitsraumübergreifenden Zusammenarbeit von Mensch und Roboter
Motorgetriebenes, handgeführtes Transportfahrzeug mit intuitiver Handgriffsteuerung
Mobile Gehhilfe-Vorrichtung

Siemens

Lokalisierung mit Medial-Axis bei Umgebungsdynamik

Zoller + Fröhlich

3 Patente eingereicht, Titel und Inhalt vertraulich

1.2 Spin-off-Produkte

Astrium: 3D-Lagebestimmungssystem

Das 3D-Lagebestimmungssystem liefert nach einer Belehrung die Lage der zu manipulierenden Objekte oder die Lage der Behälter wie z.B. Paletten und Kisten. Die mit Hilfe des 3D-Laserscanners gewonnenen 3D-Informationen sind in vielen Bereichen der Automatisierungstechnik nutzbar, wie z.B. Palettierung und Depalettierung. Dabei eröffnet diese neue Technologie Anwendungsmöglichkeiten, die mit herkömmlicher Sensorik nicht oder nur sehr schwer lösbar sind.

Fraunhofer IPA: Modularer Manipulatorarm für Serviceroboter

Im Umfeld des MORPHA-Projektes wurde für Care-O-bot® II ein Manipulatorarm mit sechs Achsen aus gleichartigen Modulen entwickelt. Dieser ist speziell für die Anwendungen in der Service-robotik konzipiert. Der Arm und die Antriebsmodule werden von dem Spin-Off Unternehmen Neobotix als Produkt RA-6A bzw. als Servomodule SMA und SMP vertrieben.

Propack Data: MoBuilder/MoBrowser

MoBuilder ist ein grafisches Toolkit zur bequemen plattformunabhängigen Modellierung einer mobilen, interaktiven Anwendung. Die von MoBuilder generierten Anwendungen werden im MoBrowser interpretiert, der von den marktführenden mobilen Betriebssystemplattformen PalmOS und Windows CE unterstützt wird. Als Brücke zwischen dem Modellierungswerkzeug und dem Browser dient eine XML-Beschreibungssprache, die ebenfalls im Rahmen einer durch MORPHA unterstützten Diplomarbeit (FH Karlsruhe) entwickelt wurde.

Propack Data: Umsetzung von MORPHA-Ergebnissen in bereits bestehende Produkte:

Propack Data ist einer der weltweit führenden Anbieter von MES*-Systemen für die pharmazeutische Industrie. Die Produktpalette besteht aus einem Kernsystem das an die Wünsche und Bedürfnisse der einzelnen Kunden angepasst wird. Die Erkenntnisse, die im Rahmen des MORPHA-Projekts gewonnen wurden, sind teilweise schon in Produkte eingeflossen oder befinden sich in der Umsetzungsphase. Im Einzelnen sind dies:

- Vereinfachte kundenspezifische Anpassung durch die Verwendung von XML.
- Verbesserung der Bedienbarkeit durch neue Usability-Konzepte.

- Client software für mobile Endgeräte (PDAs), insbesondere im Bereich der Lagerverwaltung.
- 3D-Visualisierung eines Warenlagers als Schulungs- und Demonstrationswerkzeug.

Reis Robotics: Grafisch unterstützte Programmierung von Personen-Schutzbereichen

Die Funktion der kartesischen Schutzzonen in der Reis-Robotersteuerung wird mit einer grafischen Unterstützung für den Programmierer einfacher und weniger fehleranfällig gemacht. Der Bediener erstellt die Schutzbereiche am PC in einer virtuellen 3D-Welt. Dadurch entfallen teure Zeiten für Inbetriebnahme, Abnahme und Dokumentation.

Reis Robotics: Automatischer Bremsentest

Bei Reis Robotics wurden im Rahmen des Querschnittsthemas "Sicherheit/Wartung/ Diagnose" einige Ansätze zur automatischen Fehlererkennung eines Robotersystems entwickelt und in die bestehende Robotersteuerung integriert. Beispielsweise wurde eine Funktionalität "Bremsentest" implementiert, welche zyklisch aufgerufen wird um die vorhandene Bremskraft der einzelnen Roboterachsen zu testen und gegebenenfalls den Betrieb der Anlage zu sperren. Damit wird die System- und Personensicherheit von Reis- Robotersystemen weiter erhöht sowie eine Reduzierung von Wartungsaufwänden erreicht. Reis Robotics verspricht sich dadurch eine Stärkung der internationalen Marktposition.

Zoller+Fröhlich: Softwaremodule zur Be- und Verarbeitung von Messdaten

Mit dem Z+F-Lasermesssystem stehen vier neue Softwaremodule zur Verfügung: LFM Viewer, LFM Comparator, LFM Modeller und octoCAD. Die Software der LFM-Familie ("Light Form Modeller") erlaubt u.a. den direkten Vergleich von Rohmessdaten mit existierenden CAD-Modellen oder auch die semi-automatisierte 3D-Modellbildung von geometrischen Primitiven. Prototypen dieser Softwaremodule wurden zum Teil von Z+F im Rahmen von MORPHA entwickelt und erlauben einen Import/Export in vielfältige gängige Datenformate. octoCAD ermöglicht unter anderem die Erstellung von Orthophotos direkt aus Farbbildern einer CCD-Kamera.

ZN Vision Technologies AG: ZN-SmartEye®

ZN-SmartEye® ist ein Spin-off-Produkt der ZN Vision Technologies, das bei der Durchsetzung des Hausverbots in nicht-öffentlichen Bereichen helfen soll. Das Produkt nutzt die firmeneigenen Technologien zur Gesichtsidentifikation und kombiniert sie in geeigneter Weise mit den in MORPHA erarbeiteten Verfahren zur Personendetektion. Das Produkt bedurfte noch wesentlicher technischer Weiterentwicklungen im Bereich der Gesichtsidentifikation, denn die von der Personendetektion gelieferten Bilder stellen erheblich höhere Anforderungen an die Verfahren zur Gesichtsidentifikation, als dies bei den bisherigen Produkten der ZN Vision Technologies AG der Fall ist. Ein Prototyp des Spin-Off-Produkts ZN-SmartEye® wurde auf der Cebit 2001 in Hannover präsentiert. Seit Juli 2001 wurde die Produktversion 1.0 an die Vertriebspartner ausgeliefert. Gegenwärtig wird die Produktversion 1.8 an Endkunden geliefert. Die Version 2.0 ist für den Zeitraum Juni geplant.

1.3 Spin-off-Unternehmen / neue Arbeitsplätze

Zoller+Fröhlich: Ausbau der eigenen Dienstleistungs-Abteilung

Die eigene Dienstleistungsabteilung wurde weiter ausgebaut und zeichnet sich verantwortlich für den Test der Z+F Systeme (Hardware und Software) in neuen Applikationen. Die dabei gesammelten Erfahrungen werden direkt genutzt, um die eigene Entwicklung weiter voranzutreiben und anhand realer Einsatzbeispiele zu testen. Im Laufe von MORPHA sind hierbei ca. **8 Arbeitsplätze** entstanden.

Zoller+Fröhlich: Gründung der Tochterfirma Z+F UK Ltd.

Im Jahr 2001 brachte Z+F ein Spin-Off-Unternehmen im Bereich Laser hervor: die Tochterfirma Z+F UK Ltd. in Manchester. Das englische Unternehmen zeichnet sich u.a. verantwortlich für die Entwicklung spezieller Softwaremodule zur Verarbeitung von Messdaten. Der Schwerpunkt der Firma liegt im Bereich Dienstleistung mit den Produkten der Z+F sowohl im Bereich Hardware als auch Software. Dabei stehen Einsatzgebiete im industriellen Sektor zur As-Built-Dokumentation von bestehenden Anlagen im Vordergrund. Bei Z+F in Manchester sind ca. **15 Personen** beschäftigt.

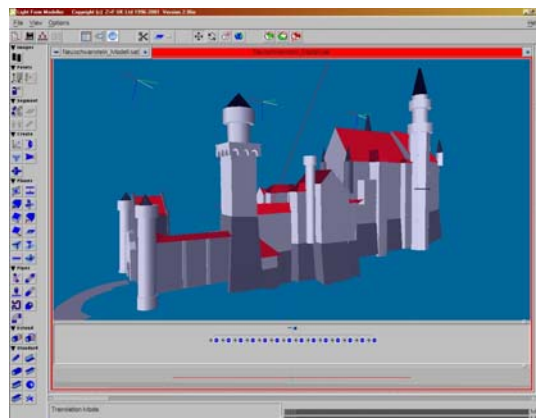
Zoller+Fröhlich: Beteiligung am Softwarehersteller octocom AG

Mit einer finanziellen Beteiligung an der octocom AG investierte Z+F ebenfalls 2001 in einen Hersteller von Bestandserfassungs- und Dokumentationssoftware im Bereich "Cultural Heritage". Das Programm octoCAD ermöglicht u.a. die Erstellung einer umfangreichen Datenbank, in der Eigenschaften einzelner vermessener Umgebungsobjekte hinterlegt und verwaltet werden können. Die Berliner Aktiengesellschaft wurde 1999 gegründet und durch die finanzielle Beteiligung der Z+F gestützt.

Zoller+Fröhlich: Internationale Projekte

Vermessung von Schloß Neuschwanstein

Das Hochbauamt Kempten und die Bayerische Schlösser- und Seenverwaltung machten 2001 die dreidimensionale Vermessung von Schloß Neuschwanstein in einer öffentlichen Ausschreibung zur Aufgabe. Zoller + Fröhlich und octocom konnten sich gegen zahlreiche Mitbewerber durchsetzen und erhielten den Zuschlag. Für das Projekt ist ein Zeitrahmen von 3 Jahren angesetzt. Unter anderem wurde darüber in der ComputerBild (24/2001) und am 05.03.2002 im Regionalsender Allgäu-TV (Kempten) berichtet. Weitere Veröffentlichungen auch im wissenschaftlichen Bereich sind in Planung. Die Ergebnisse aus diesen Projekten sind für die weitere Softwareentwicklung von Vorteil.



Vermessung von Schloss Neuschwanstein

Vermessung der Tempelanlagen von Angkor Wat in Kambodscha

Ein deutsches Forscherteam um den Kölner Professor Dr. Leisen vermisst seit Ende 2001 die zum Weltkulturerbe zählenden Tempelanlagen von Angkor Wat in Kambodscha. Im Zuge dieser Forschungsarbeiten wurde Zoller + Fröhlich um Unterstützung gebeten. Anfang März 2002 reiste ein Team für 2-wöchige Messarbeiten nach Kambodscha, um die Anlagen dreidimensional zu vermessen. Die gewonnenen Daten sollen zur Bestands- und Zustandsdokumentation verwendet werden. Veröffentlichungen auch im wissenschaftlichen Bereich sind in Planung. Die Ergebnisse aus diesen Projekten sind für die weitere Softwareentwicklung von Vorteil.

ZN Vision Technologies AG: ZN-SmartEye®

Für die direkte Entwicklung, die Vermarktung und den Support des beschriebenen Spin-off Produkts ZN-SmartEye® wurden unabhängig von MORPHA 6 volle, unbefristete **Arbeitsplätze** geschaffen. Hiervon unbenommen ist die Sicherung der bestehenden Arbeitsplätze durch Erhaltung

und Ausbau der fachlichen Kompetenz auf den Gebieten der Gesichtsdetektion und der Posen-schätzung. Die in MORPHA erzielten technischen Fortschritte stellen einen unverzichtbaren Beitrag zum Erhalt und Ausbau des für die Entwicklung innovativer Produkte in diesen Marktsegmenten notwendigen Know-hows dar.

Propack Data: Evaluierung von Emerging Technologies

Als Ergebnis der Entwicklungsarbeiten im Rahmen von MORPHA wurde eine Gruppe Applied Research innerhalb der Abteilung Produktentwicklung von Propack Data gegründet. Diese Gruppe ist inzwischen **4 Personen** stark und befasst sich mit der Evaluierung "entstehender" (emergent) Technologien und prototypischer Entwicklung.

FAW: PS Automation

PS Automation wurde im Sommer 2000 von zwei Ingenieuren als Spin-off des Forschungsinstituts für anwendungsorientierte Wissensverarbeitung FAW Ulm mit Sitz in Ulm ins Leben gerufen. Unternehmensziel ist die Entwicklung und Vermarktung von intelligenten mechatronischen Systeme zur Automatisierung von Dienstleistungsaufgaben sowohl im öffentlichen als auch im privaten Bereich. Gegenwärtige Systementwicklungen zielen insbesondere auf die Automatisierung folgender Dienstleistungen und Assistenzfunktionen:



- Reinigungstätigkeiten insbesondere Bodenreinigung
- Individueller Personentransport in grossen öffentlichen Gebäuden und Einrichtungen
- Intelligente Bewegungs- und Transporthilfen für ältere und behinderte Personen

Referenz:

<http://www.psautomation.de>

Fraunhofer IPA: Spin-off "Entertainment Robotics"

Prototypen mobiler Roboter sowie die Verfahren der sicheren Bewegungsplanung und -führung wurden im Herbst 2000 in den neu gegründeten Geschäftsbereich *NEOBOTIX* der GPS transferiert. **Drei Mitarbeiter** im Umfeld des MORPHA-Teams starteten dort die Weiterentwicklung, Vermarktung und Anwendungsgestaltung neuer mobiler Roboter und mobiler Manipulatoren. Mehrere Exemplare wurden inzwischen an Forschungseinrichtungen und an Aussteller verkauft.



Referenz:

<http://www.neobotix.de>

2 Wissenschaftliche Ergebnisse

2.1 Highlights in der Technologieentwicklung

2.1.1. Verfahren und Methoden

Astrium: Raumüberwachung - Detektion von Hindernissen in der direkten Umgebung eines Roboterarmes basierend auf Entfernungsbildern.

Ein von Astrium entwickeltes Verfahren ermöglicht die Überwachung des Arbeitsraumes eines Roboters und greift im Falle des Eintretens eines Hindernisses in den Roboterfahrerraum in den Steuerungsablauf des Roboters ein, in dem dieser gestoppt wird. Der Arbeitsraum des Roboters wird mit Hilfe der ASTRIUM-Laserkamera überwacht, die in 6.7 Hz hochaufgelöste Tiefenbilder liefert. Damit die Hinderniserkennung echtzeitfähig ist, werden keine Erkennungsstrategien verfolgt, sondern lediglich überprüft, ob räumliche Daten des 3D-Sensors in eine nahe Umgebung des Roboters fallen. Da der Roboter selbst auch im Sichtfeld des Sensors ist und somit auch räumliche Daten liefert, muss das Roboterabbild in den Bilddaten heraussegmentiert werden. Dieses wird durch Überlagerung des Kamerabildes mit Hilfe eines virtuellen Tiefenbildes des Roboters erreicht. Die verbleibenden Tiefendaten werden dann daraufhin untersucht, ob sie in die Umgebung des Roboters fallen.

DaimlerChrysler; Taktile Kommandierung

Bei DaimlerChrysler wurden Verfahren zur „Taktile Kommandierung“ entwickelt, die auf den industriellen Einsatz des PA abzielen. Die kraftgeregelte Werkstück- und Werkzeugübergabe ist insbesondere für die Kooperation und Sicherheit bei der Übergabe schwerer Teile erforderlich. Die koordinierte kraftgeführte Arm-Plattform-Bewegung dient dem Lernen sensomotorischer Fähigkeiten.

Referenz:

Kristensen, S. Horstmann, S. Klandt, J. Lohnert, F. Stopp, A.. Human-Friendly Interaction for Learning and Cooperation. In *Proc. of the 2001 IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation*, pp. 2590-2595, 2001.

DaimlerChrysler; Interaktive Arbeitsprozessgestaltung am Beispiel Kommissionierung

Bei DaimlerChrysler wurde das Szenario „Interaktive Arbeitsprozessgestaltung“ am Beispiel einer Kommissionier-Aufgabe in praxisnaher Form entwickelt, wobei der Mensch die Anzahl der Objekte, die Reihenfolge der Kommissionierung und den Ablageort des Objektes festlegen kann. In dieses Szenario fließen mehrere neue Interaktionsverfahren ein: das interaktive Anlernen von Objekten, die interaktive Handlungsplanung und die visuelle Kommandierung mittels Laserpointer zum Anlernen der Ablageorte für die Kommissionierung.

Referenz:

Stopp, A. Horstmann, S. Kristensen, S. Lohnert, F. "Towards Interactive Learning for Manufacturing Assistants". In *Proc. of the 10th IEEE Int. Workshop on Robot-Human Interactive Communication (ROMAN 2001)*, pp. 338-342, 2001.

DLR: Nachgiebige Bewegungsführung eines drehmomentgeregelten Roboterarms

Für den DLR-Leichtbauarm wurde ein Verfahren entwickelt, das es ermöglicht, den Roboter durch einfaches Berühren zu bewegen. Die Berührungen können auf der gesamten Armoberfläche gemessen werden. Das Verfahren beruht auf der Auswertung der in den Gelenken integrierten Momentensensoren. Im ersten Schritt wird eine Schwerkraftkompensation durchgeführt d.h. basierend auf einem dynamischen Modell des Roboters werden die Gelenkmomente berechnet, die alleine durch die



Nachgiebige Bewegungsführung

Schwerkraft auftreten. Im zweiten Schritt werden dann die Momente ermittelt, die im Arm aufgrund der Berührung bzw. des Kontaktes mit der Umwelt entstanden sind.

Referenz:

Albu-Schäffer, A. and Hirzinger, G. Cartesian Impedance Control Techniques for Torque Controlled Light-Weight Robots. In *Proc. of the IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation*, pp. 657 – 663, 2002.

Albu-Schäffer, A. and Hirzinger, G. A globally stable state feedback controller for flexible joint robots. In *Journal of Advanced Robotics, Special Issue: Selected papers from (IROS 2000)*, Vol.15, No.8, pp.799-814, 2001.

DLR: Interaktive Programmierung von kraft-/momentgeregelten Handhabungsaufgaben

Basierend auf der nachgiebigen Bewegungsführung hat das DLR ein direktes, interaktives Programmierverfahren entwickelt. Zur Programmierung wird der Roboterarm einfach „an die Hand“ genommen und die durchzuführende Aufgabe vorgemacht. Die bei der Programmierung in den Gelenken auftretenden Kräfte und Momente werden gemessen und dienen bei der selbständigen Ausführung als Regelzielgröße. Dadurch wird unter anderem eine geometrische Unabhängigkeit erreicht. Auf diese Weise können die in aller Regel schwer zu formulierenden kraft-/momentgeregelten Handhabungsaufgaben implizit und auf sehr intuitive Art vom Menschen vorgemacht werden. Diese einfache Programmierung kann sowohl im industriellen Umfeld wie z.B. bei der Programmierung von Fügeoperationen als auch im privaten Bereich zum Programmieren von Putzfunktionen verwendet werden.



Vormachen einer Putzoperation

Referenz:

Grunwald, G. Schreiber, G. Albu-Schäffer, A. und Hirzinger, G. Touch: Another Type of Human Interaction with a Redundant Service Robot. In *Proc. of the 10th IEEE Int. Workshop on Robot Human Communication (ROMAN 2001)*, Bordeaux-Paris, France, 2001.

Albu-Schäffer A. and Hirzinger, G. Cartesian Impedance Control Techniques for Torque Controlled Light-Weight Robots. In *Proc. of the IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation*, pp. 657 – 663, 2002.

FAW: Bewegungskoordination eines intelligenten Rollstuhls und eines Menschen in einer belebten Umgebung.



Bewegungskoordination in einer belebten Umgebung

Am FAW wurde ein Verfahren entwickelt, das es einem mobilen, mit einem Laserradar ausgestatteten Roboter ermöglicht, eine "Ziel"-person durch eine belebte öffentliche Umgebung zu begleiten. Das Verfahren basiert auf einer früher entwickelten Methode zur Bewegungsführung in belebten Umgebungen und wurde um eine sogenannte *Virtual-Target-Tracking* Komponente erweitert. Diese bestimmt in Abhängigkeit von den Umgebungsbedingungen eine Begleitposition und die dazugehörigen Regelgrößen für den Antrieb des Rollstuhls MAid. Über den Rollstuhl MAid wurde in der New York Times (Artikel 10.05.2001) und auf mehreren Fernsehsendern (RTL, SWR, ZDF, ARD) berichtet.

Referenz:

Prassler, E. Bank, D. Kluge, B. Key Technologies in Robot Assistants: Motion Coordination between a Human and a Mobile Robot. *Transactions on Control, Automation and Systems Engineering (CASE)*. to appear.

FAW: Verfahren zur "mitdenkenden" Bewegungsführung eines autonomen Roboters in belebten Umgebungen

Existierende Verfahren zur Bewegungsführung autonomer mobiler Roboter in Gegenwart bewegter Hindernisse ignorieren zumeist die Tatsache, dass es sich bei diesen mobilen Hindernissen um Menschen bzw. um von Menschen gelenkte Fahrzeuge handelt, die ihrerseits selbst Ziele verfolgen bzw. Kollisionen untereinander zu vermeiden suchen. Daher wurde nun am FAW ein Verfahren entwickelt, bei dem sich der Roboter gewissermaßen in die anderen mobilen Hindernisse "hineinversetzt", um Modelle über das zukünftige Verhalten dieser Hindernisse abzuleiten. Diese Modelle werden durch eine Wahrscheinlichkeitsverteilung zukünftiger Geschwindigkeiten des Hindernisses repräsentiert und bei der eigenen Bewegungsplanung berücksichtigt.

Referenz:

Kluge, B. Recursive Probabilistic Velocity Obstacles for Reflective Navigation. In *Proc. of 1st Int. Workshop on Advances in Service Robots (ASER)*, Bardolino, Italy, 2003.

FAW: Methode zur Disambiguierung in der Gestenerkennung

Es wurde eine Methode zur kontextabhängigen Disambiguierung von dynamischen, gestischen Vorgaben zur Programmierung von Robotern entwickelt. Durch die frühzeitige Erkennung der Intention des Benutzers kann der Aufwand zur Programmierung eines Roboters wesentlich reduziert werden. Es wurden verschiedene Ansätze zur Modellierung und späteren Klassifizierung von raum- und zeitvarianten Beobachtungsgrößen auf ihre Einsatzmöglichkeiten zur Disambiguierung unter Echtzeitbedingungen evaluiert. Anders als bei der reinen Klassifikation von (gestischen) Beobachtungssequenzen ist es wichtig, dass die Entscheidung unterstützende Kenngrößen schon während der Bewegungsausführung extrahiert und bewertet werden können.

Referenz:

Strobel, M. Disambiguation in Human-Machine-Interaction, Dissertation an der Universität Ulm (in Arbeit)

Fraunhofer IPA: Kollisionsfreie Bewegungsplanung für Roboterarme

Am Fraunhofer IPA wurde ein Verfahren zur Bahnplanung für einen Roboterarm auf einer mobilen Plattform entwickelt. Hierbei wurde besonderer Wert auf effiziente Algorithmen gelegt, um die Bahn des Roboters schnell in einer unbekanntem statischen Umgebung anzupassen. Die entwickelte Planung erfolgt in zwei Phasen: Im ersten Schritt wird eine kollisionsfreie Trajektorie mit Hilfe eines Rapidly Exploring Random Tree (RRT) bestimmt. Dieser Algorithmus von Steven M. LaValle wurde zur Performancesteigerung modifiziert. Die so gefundene Trajektorie wird im zweiten Schritt geglättet, indem die Glättung als nichtlineares Optimierungsproblem betrachtet und mit Hilfe von Standardverfahren gelöst wird.

Referenz:

Rohmoser, B. Parlitz, C. Implementierung einer Bewegungsplanung für einen Roboterarm. In *ROBOTIK 2002, Leistungsstand, Anwendungen, Visionen, VDI-Berichte 1679, VDI/VDE, VDI Verlag, Ludwigsburg, Germany, June 2002. pp. 59-64.*

Fraunhofer IPA: Flexible Pfadplanung für nicht-holonome mobile Roboter

Eine Methode zur flexiblen Pfadplanung für nicht-holonome mobile Roboter wurde am Fraunhofer IPA entwickelt und auf dem Demonstrator Care-O-bot implementiert. Dazu wurde ein intelligenter Pfadplaner, basierend auf einer statischen Karte der Roboterumgebung, entwickelt. Er beinhaltet die Möglichkeit, Robotereigenschaften während der Laufzeit zu verändern und kann dadurch flexibel für sehr viele verschiedene mobile Roboterkinematiken verwendet werden. Der generierte Pfad wird geglättet und gegebenenfalls reaktiv zum Ausweichen dynamischer Hindernisse oder anderer externer Kräfte mit Hilfe »elastic bands« modifiziert. Am Fraunhofer IPA wurde dieser Algorithmus für Roboter mit den Eigenschaften eines »Dubin's car« (ein nicht-holonomer mobiler Roboter, der sich nur vorwärts bewegen kann) erweitert.

Die Praxistauglichkeit dieser Methode wurde beim Einsatz von Care-O-bot in stark bevölkerter Umgebung (Jubiläumsausstellung der Firma Festo) verifiziert. Während eines Zeitraums über 2 Wochen führte der Roboter Besucher zu ausgewählten Exponaten der Ausstellung. Auf dem Weg zum Ziel musste der anfangs geplante Pfad aufgrund weiterer, im Wege stehender Besucher fortlaufend modifiziert werden. Da dieser Algorithmus eine besonders kurze Reaktionszeit hat, war

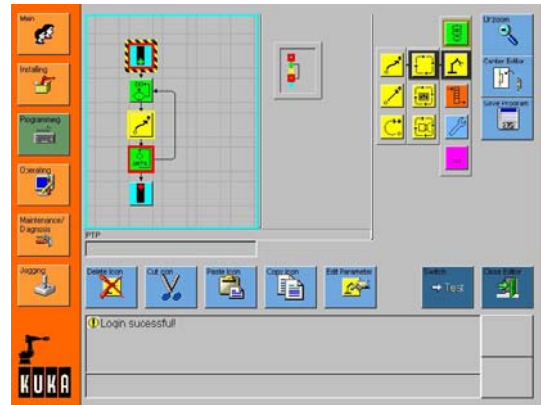
eine Reduktion der Geschwindigkeit des Roboters nur in seltenen Fällen notwendig (z.B. wenn ein Besucher direkt vor das Gerät trat); in der Regel führt der Roboter eine glatte Bewegung zum Ziel aus.

Referenz:

Graf, B., Hostalet Wandosell, J. M. Flexible Path Planning for Nonholonomic Mobile Robots. In *Proc. of Eurobot'01*, pp. 199-206.

KUKA Roboter/REIS Robotics: Styleguide für das icon-basierte Programmieren über Touchscreen und Spracheingabe

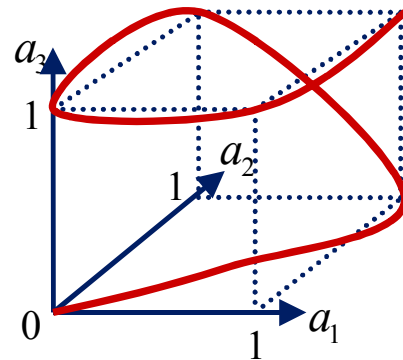
Von den Projektpartnern KUKA Roboter und REIS Robotics wurde ein Styleguide für das icon-basierte Programmieren über Touchscreen und Spracheingabe geschaffen. Das Dokument beschreibt die zu implementierende Funktionalität für eine solche intuitive und innovative Programmieroberfläche, gibt allgemeine Hinweise zur Gestaltung und definiert eine Reihe von sinnvollen Interaktionselementen im Detail. In den Styleguide flossen die praktische Erfahrungen von beispielhaften Implementierungen genauso ein wie das Feedback von externen Experten. Er bildet die Grundlage für eine zukünftige, einheitlichere und intuitivere Gestaltung der Bedienoberflächen von industriellen Robotersystemen.



Testumgebung für Styleguide „Icon-basiertes Programmieren“

Ruhr-Universität Bochum, Institut für Neuroinformatik: Dynamische Systeme zur Verhaltensorganisation

Am Institut für Neuroinformatik wurde im Rahmen des MORPHA-Projektes ein Verfahren zur Erzeugung von Verhaltenssequenzen entwickelt und auf dem Montage-Assistenzroboter CORA implementiert. Innerhalb dieses Verfahrens werden Verhaltenszustände als zeitlich veränderliche Aktivitätsmuster von Elementarverhalten dargestellt. Diese Muster sind durch stabile Fixpunkte in einem hochdimensionalen Verhaltensraum beschrieben. Verhaltenswechsel werden durch Phasenübergänge zwischen den stabilen Zuständen erreicht. Ein komplexer Verhaltensablauf wird damit auf eine mathematisch wohldefinierte Trajektorie (siehe Bild) im Verhaltensraum abgebildet, die durch gekoppelte Differentialgleichungen erzeugt wird. Über ein einfaches System der Parametrisierung dieser Gleichungen können logische Anforderungen komplexer Verhaltensabfolgen leicht programmiert werden. Dieses Verfahren kann auf einfache Weise für verschiedene Anwendungen konfiguriert werden. Ergänzend wurde ein Modul zum beaufsichtigten oder unbeaufsichtigten Lernen von logischen Verhaltensabfolgen erstellt.



Komplexes Verhalten dargestellt als Trajektorie im Verhaltensraum (hier beispielhaft für die Aktivität von drei Elementarverhalten).

Referenz:

Steinhage A. und von Seelen, W. Dynamische Systeme zur Verhaltensgenerierung eines anthropomorphen Roboters. In *Forschungsbericht der 16. Fachgespräche Autonome Mobile Systeme (AMS 2000)*, Reihe Informatik aktuell, Springer Verlag 2000, Seiten 260-269.

Ruhr-Universität Bochum, Institut für Neuroinformatik: Kontextbasierte Interpretation von Sprachkommandos zur Robotersteuerung

Auf der Basis eines einfachen open-source Schlüsselworterkenners wurde ein Verfahren zur effektiven Sprachkommandierung eines Roboters erstellt. Sowohl der Benutzer als auch der Roboter ziehen dabei den momentanen Verhaltenszustand des Roboters zur Interpretation eines Sprachkommandos heran. Befindet sich der Roboter beispielsweise gerade in einer Greifbewegung, so wird ein Kommando "links" als Greifrichtung verstanden. Wird hingegen eine visuelle Suche durchgeführt, so wird das Kommando als Anweisung zur Blickrichtungsveränderung interpretiert. Die Generierung der Einzelverhalten erfolgt dabei durch kontextbasiertes Einfügen bzw. Entfernen von Fixpunktermen in den dynamischen Systemen zur Effektorsteuerung. Zur Integration unterschiedlicher Verhaltensanforderungen wie z.B. visuelle Hindernisvermeidung und Sprachkommandierung, wurde ein Verfahren basierend auf so genannten *Neuronalen Feldern* erstellt. Dieses, aus der Theorie der neuronalen Informationsverarbeitung stammende Konzept, ermöglicht besonders stabile und anthropomorphe Effektortrajektorien.

Referenz:

Menzner, R. Steinhage, A. und Erhagen, W. Generating Interactive Robot Behavior: A Mathematical Approach .In From Animals to Animats 6. In *Proc. of the Sixth Int. Conf. on Simulation of Adaptive Behavior, (SAB 2000)*, The MIT-press, pp. 135-144.

Ruhr-Universität Bochum, Institut für Neuroinformatik: Steuerung anthropomorpher Arme - Direkte physische Interaktion

Der redundante Manipulator des anthropomorphen Roboterassistenten CoRA wird mittels dynamischer Systeme gesteuert. Die Verwendung von dynamischen Systemen zur Bewegungsgenerierung erzeugt einerseits anthropomorphe glatte Bewegungen und andererseits werden durch Fusionierung von Sensorinformationen aus verschiedensten Quellen kollisionsfreie Trajektorien generiert. Aufgrund der zwei redundanten Freiheitsgrade werden Rumpf und Ellbogen unabhängig vom Greifer koordiniert, d.h. dass während einer Trajektorie Ellbogen oder Rumpf bewegt werden können, ohne dass dies einen Einfluss auf die Position oder Orientierung des Greifers hat.

Zur direkten physischen Interaktion wird die Sensorinformation, die aus der künstlichen Haut und dem Kraftmomentensensor stammt, ausgewertet. Durch Druck auf die künstliche Haut erzeugt der Nutzer Bewegungen in dergestalt, dass der Roboter seinen Ellbogen hebt oder senkt bzw. seinen Arm aus dem Arbeitsraum, in Abhängigkeit vom Ort und der Richtung des vom Nutzer auf die künstliche Haut ausgeübten Druckes, bewegt. Der Benutzer kann darüber hinaus den Manipulator mittels des Kraftmomentensensors, der am Handgelenk angebracht ist, führen, um ihn auf diese Weise zu belehren. Zudem wird dieser Sensor zur sanften Übergabe von Objekten verwendet.

Referenz:

Iossifidis, I. and Steinhage, A. Controlling a redundant robot arm by means of a haptic sensor. In *ROBOTIK 2002, Leistungsstand - Anwendungen - Visionen*, VDI-Berichte 1679, VDI/VDE, VDI Verlag, Ludwigsburg, Germany, June 2002. pp. 269-274.

Iossifidis, I. and Steinhage, A.. Control of an 8 dof manipulator by means of neural fields. In *Proc. of the Int. Conf. on Field and Service Robotics (FSR 2001)*, Helsinki, Finland, June 11-13 2001.

Ruhr-Universität Bochum, Institut für Neuroinformatik: Blickrichtungsbestimmung zur Aufmerksamkeitssteuerung

Als weiteren Interaktionskanal zur Steuerung der Aufmerksamkeit des anthropomorphen Roboterassistenten wurde am Institut für Neuroinformatik ein Verfahren zur Schätzung der Blickrichtung des Nutzers entwickelt. Der Roboter wertet diese Information aus, um unter anderem den relevanten Teil des Arbeitsbereiches zu identifizieren oder ambige Informationen über die Szene, die aus anderen Sensorkanälen stammen, zu disambiguieren. Zunächst werden zur Schätzung der Augenstellung mittels Farbklassifikation, eines Eckenfilters und einem Modell der Gesichtsgeometrie die Augen des Benutzers lokalisiert. Die Iris wird für jedes Auge mittels Fusion der Ergebnisse eines Region-Growing- und eines Template-Matching-Algorithmus gefunden. Die exakte Position des Irisringes wird nachfolgend durch eine verallgemeinerte Hough-Transformation über dem relevanten Bildbereich bestimmt. Um diesen Bereich wird durch ein Deterministic Annealing ein parametrisches (mandelförmiges) Augenmodell angepasst. Die Optimierung durchläuft zwei

Stufen, wobei in der ersten das Modell in seinen groben Formparametern und seiner Position optimiert wird und in der zweiten Stufe eine feinere Anpassung der Modellform an das Auge in einer höheren Parameteranzahl und eine endgültige Positionierung erfolgt. Als Ergebnis werden hier die gut angenäherte Form des Auges und die Positionen der Augenecken geliefert (siehe Abbildung). Mit diesen Daten kann nun die Blickrichtung relativ zur Kopfstellung mit guter Genauigkeit bestimmt werden. Das Verfahren zeigt in der Bearbeitung von Personenbildern aus einer Datenbank eine hohe Trefferquote. Es wurden Bilder von europäischen und asiatischen Gesichtern sowie von Personen mit und ohne Brille getestet. Lediglich bei der Analyse von Gesichtern mit Brille sank die Trefferquote nennenswert ab.

Referenz:

Theis, Ch. and Hustadt, K. Detecting the gaze direction for a man machine interface. In *Proc. of the 11th IEEE Int. Workshop on Robot and Human Interactive Communication (ROMAN 2002)*, pages 536-541.

Siemens: Taktile Interaktion zwischen Mensch und Roboterassistent

Eine von Siemens entwickelte künstliche taktile Haut erlaubt eine neuartige Interaktion zwischen Mensch und Roboterassistent. Die künstliche Haut ist flächig auf dem Arm und Teilen der mobilen Plattform des Siemens-Demonstrators aufgebracht und liefert bei Kontakt Position und Stärke der Kraft. Reaktive Bewegungsskills, die auf einer Repräsentation aller physikalischen Kontakte und geometrischen Hindernisse als virtuelle Kräfte und Momente beruhen, erlauben beispielsweise ein in vielen Tests als sehr natürlich empfundenes „Führen“ des Assistenten durch den Benutzer. Mögliche Anwendungen liegen nicht nur im Robotik-Bereich, sondern unter anderem auch bei Haushaltsgeräten oder in der Medizintechnik.

Referenz:

Wösch, T. Feiten, W. Reactive Motion Control for Human-Robot Tactile Interaction. In *Proc. of the IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation ICRA 2002*, pp. 3807-3812.



Siemens MobMan mit taktiler Haut

Siemens: Flexible Generierung von Bewegungen für typische Haushaltsaufgaben

Für typische Haushaltsaufgaben wie Greifen von Objekten / Übergeben bzw. Abstellen wurde eine hybride Steuerungsarchitektur für mobile Roboterassistenten mit redundanten Freiheitsgraden entwickelt. Sie verbindet reaktive und strategische Elemente, erlaubt Hindernisvermeidung in Echtzeit und auch die Einkopplung taktile Interaktion über eine künstliche Haut. In die Bewegungsstrategie fließen wesentlich Annahmen über mit hoher Wahrscheinlichkeit während der Ausführung „sichere“ Raumbereiche sowie das Streben nach Minimierung des überstrichenen Volumens ein. Die Effizienz und Robustheit des Verfahrens wurden vielfach demonstriert.

Referenz:

Wösch, T., Neubauer, W. Collision Avoidance and Handling for a Mobile Manipulator. In: *M. Gini et al. (eds.): In Proc. of the IAS-7, 2002*, pp. 388-391.

Siemens: Objekterkennung und Raumüberwachung durch Fusionierung von Entfernung- und Bilddaten

Die gemeinsame Nutzung von Entfernung- und Bilddaten erweist sich immer mehr als zentrales Hilfsmittel für Wahrnehmungsaufgaben in Alltagsumgebungen. Bei den von Siemens in MORPHA entwickelten Verfahren können dabei die Entfernungsdaten entweder von einem Stereosystem (ggf. unterstützt durch unstrukturiertes Licht) oder einem mittels eines schwenkbaren 2D-Scanner emulierten 3D-Laserscanner stammen. Alle jeweils gemessenen Objektmerkmale und –hypothesen werden mit Wahrscheinlichkeiten bewertet und mit probabilistischen Methoden fusioniert. Derartige Verfahren finden bei Siemens Anwendungen nicht nur in der Servicerobotik, sondern inzwischen auch in Vorentwicklungen in Material-Handling und Verkehrstechnik.

Siemens: Simultane Objekterkennung, 3D-Lokalisierung und dynamischen Objektverfolgung durch probabilistische Verfahren

Ein von Siemens entwickeltes neues Verfahren zur Nutzung von Stereobild-Daten erlaubt eine simultane Objekterkennung, 3D-Lokalisierung und dynamische Objektverfolgung in Alltagsumgebungen. Es basiert auf einer stochastischen Repräsentation des Umweltzustands (z.B. der Lage des gesuchten Objekts im Raum in Form einer Aufenthaltswahrscheinlichkeit) und einer ebenfalls stochastischen Modellierung der für die Erkennung herangezogenen Objektansichten. Zur Verfolgung über die Zeit hinweg (Tracking) und für die Stabilisierung der Ergebnisse wird der Condensation-Algorithmus von Blake eingesetzt.

Referenz:

v. Wichert, G. A Probabilistic Approach to Simultaneous Segmentation, Object Recognition, 3D-Localization and Tracking using Stereo Vision. In B. Radig, S. Florczyk (eds.), *Pattern Recognition, 23rd DAGM Symposium 2001*, 2001, pp. 100-107.

Uni Karlsruhe, IAIM: Programmieren durch Vormachen

Im Rahmen des MORPHA Projekts konnten die an der Universität Karlsruhe (TH) entwickelten Methoden des Programmierens durch Vormachen so weit vorangetrieben werden, dass eine Programmierung einer komplexen Aufgabe wie das Decken eines Tisches durch eine Benutzerdemonstration erreicht werden konnte. Den Forschungsfokus bildeten Handhabungsaufgaben, bei denen auch komplizierte Griffe und nahezu beliebige Objekte zugelassen waren. Als Demonstrator diente der mobile Roboter ALBERT; die Verfahren sind jedoch so konzipiert, dass sie auf weitere Robotersysteme anwendbar sind. Im Rahmen eines Forschungsmagazins wurde eine Dokumentation über das System über den Fernsehsender „Deutsche Welle“ ausgestrahlt.

Referenz:

Ehrenmann, M. Rogalla, O. Zöllner, R. Dillmann, R. Teaching Service Robots Complex Tasks: Programming by Demonstration for Workshop and Household Environments. In *Proc. of the Int. Conf. on Field and Service Robots (FSR 2001)*, June 2001, Helsinki, Finland, pp. 397-402.

ZN Vision Technologies AG: Detektion von Gesichtern in einem Videodatenstrom

Das in MORPHA entwickelte Verfahren zur Detektion von Gesichtern in einem Videodatenstrom gehört zu den weltweit führenden Ansätzen. Durch die Kombination von gebräuchlichen Verfahren der Computer Vision, der Nutzung neuronaler Ansätze zur Klassifikation und der Optimierung mittels evolutionärer Methoden konnte ein Verfahren gewonnen werden, welches sowohl in der Güte als auch in der Geschwindigkeit der Detektion ein sehr hohes Niveau erreicht.

2.1.2. Komponenten und Systeme

Astrium: CyberTeachTool - Interaktive Programmierung von Roboterbahnen.

Ziel des "CyberTeachTool" Systems ist es, die Programmierung von Roboterbahnen einfacher, intuitiver und effizienter zu gestalten. Es besteht aus Headtracker, Headset-LCD, Teach-Tool mit Tracker und Software Paketen zur Datenauswertung, -darstellung und Einbindung in Steuerungssysteme. Mit dem System können z.B. Bahnpunkte im Arbeitsraum des Roboters geteacht werden. Das Teach-Tool wird dabei auf einen Zielpunkt gehalten, wobei die räumlichen Daten durch Knopfdruck abgespeichert werden können. Gleichzeitig werden die Bewegung des Tools, die eingegebenen Punkte und die Referenzkoordinatensysteme im Brillendisplay dargestellt.

DaimlerChrysler; Prototyp eines Produktionsassistenten

Bei der DaimlerChrysler-Forschung wurde der erste Prototyp des Produktionsassistenten in Form eines modularen industrietauglichen Arm-Plattform-Systems geschaffen. Neben einem multimodalen Bediengerät ist der PA mit Multi-Sensorik für sein sicheres autonomes Verhalten und für die Interaktion mit dem Menschen ausgestattet. Die Multi-Skillorientierte System- und Steuerungsarchitektur erleichtert die Integration und Anwendung der neuen Interaktionsverfahren.

Referenz:

Der lernfähige Roboter als Assistent. TransGlobal, no. 1, 2002, pp. 51.



DaimlerChrysler Produktionsassistent

FAW Ulm: CleaningAssistant – Roboter für Reinigungstätigkeiten

Der Demonstrator *CleaningAssistant* steht für die Vision eines einfach zu beherrschenden Roboters zur Automatisierung von Reinigungstätigkeiten und Oberflächenbehandlungen sowohl im Haushalt als auch im gewerblichen Bereich. *CleaningAssistant* basiert auf einem autonom navigierenden mobilen Manipulator mit speziellen Endeffektoren für Reinigung, Oberflächenbehandlung und Handhabung. Das Robotersystem besitzt wahrnehmende Fähigkeiten zur Erkennung der Intention des Benutzers während eines Belehrungs- oder Kommandierungsvorganges. Anders als bei klassischen Teach-In Programmierverfahren wird versucht, die Intention des Benutzers aus teilweise sehr unpräzisen Vorgaben zu erkennen und die detaillierte und vollständige Aufgabenplanung vom Robotersystem ausführen zu lassen. Die Interpretation der Vorgabe sowie die daraus abgeleitete Feinplanung wird an den Benutzer durch Einblendung in der realen Szene (Augmented Reality) oder in einem Szenenmodell (Graphische Simulationsumgebung) rückgekoppelt.



Roboter für Reinigungstätigkeiten

Referenzen:

Strobel, M., Illmann, J., and Prassler, E., Intuitive Programming of a mobile Manipulator System for Cleaning Tasks in Home Environments. In *Proc. of the int. Conference on Field and Service Robots (FSR2001)*, Helsinki, June, 2001.

Fraunhofer IPA: Intuitive Handgriffsteuerung

Ein Gesamtkonzept zur Benutzung des Care-O-bot® II als intelligente Gehhilfe wurde entwickelt. Die Ansteuerung basiert auf zwei grundlegenden Operationsmodi, dem rein reaktiven Fahren nach Führung durch den Benutzer und dem Abfahren einer geplanten Strecke zu einem vorgegebenen Ziel.

Die von dem Benutzer der Gehhilfe ausgeübten Kräfte an den Handgriffen werden mit Hilfe von integrierten induktiven Wegaufnehmern gemessen. Da diese Kräfte sowohl durch den ungleichmäßigen Druck des Menschen als auch durch die Bewegung des Roboters stark fluktuieren, werden sie zunächst gefiltert und dann die Geschwindigkeit des Roboters entsprechend geregelt. Die Geschwindigkeit wird dabei an das Benutzerverhalten adaptiert.

Referenz:

Graf, B. Reactive Navigation of an Intelligent Robotic Walking Aid. In *Proc. of the 10th IEEE Int. Workshop on Robot and Human Interactive Communication (ROMAN2001)*, September 18.-21, Bordeaux-Paris, France, pp. 353-358.

Fraunhofer IPA: Softwarekomponenten zu Care-O-bot

Die Darstellung des Care-O-bot als "Multifunktions-Roboter für den Haushalt bzw. für Behinderte und Ältere) hat diese Idee weltweit verbreitet. Mit dem im Umfeld von MORPHA aufgebautem Care-O-bot II wurde ein Demonstrator eines integrierten multifunktionalen Systems geschaffen, das erstmals folgende Funktionen in einem Gerät vereint:

- Mobiles Multimedia-Interface
- Hol- und Bring-Hilfe durch integrierten Roboterarm
- Personenführung durch integrierte Führungsstangen

Zur Handlungskontrolle wurde eine Mehrebenen-Kontrollarchitektur für mobile Roboter entwickelt, die eine symbolische Planung mit einer reaktiven Robotersteuerung zusammenführt. Außerdem verfügt die Architektur über eine Datenbank mit symbolischem Umgebungswissen und ein geeignetes User-Interface. Es lassen sich nun Zielzustände vorgeben, z. B. „(auf Tasse Couchtisch)“, woraufhin eine Lösung geplant wird, wie eine Tasse auf den Couchtisch gebracht werden kann. Der Roboter führt die selbst geplanten Befehle aus.



Teile der entwickelten Software inklusive einer mobilen Testplattform wurden an einen großen, japanischen Elektrokonzern für die Entwicklung eines mobilen Roboters verkauft. Für diese neuen Produkte (mobiler Transportroboter in öffentlichen Umgebungen) wurden die in MORPHA entwickelten Module zur Bahnplanung aufbereitet und verkauft.

Eine weitere Verwendung der Software-Komponenten aus dem MORPHA-Projekt wird in der Realisierung von zwei Ausstellungsrobotern für einen Automobilkonzern verwendet. Dies sind sowohl Algorithmen zur Navigation als auch zur Handlungskontrolle während der Besucherführung.

Referenz:

<http://www.care-o-bot.de>

Fraunhofer IPA: Intuitive Handgriffsteuerung

Ein Gesamtkonzept zur Benutzung des Care-O-bot[®] II als intelligente Gehhilfe wurde entwickelt. Die Ansteuerung basiert auf zwei grundlegenden Operationsmodi, dem rein reaktiven Fahren nach Führung durch den Benutzer und dem Abfahren einer geplanten Strecke zu einem vorgegebenen Ziel.

Die von dem Benutzer der Gehhilfe ausgeübten Kräfte an den Handgriffen werden mit Hilfe von integrierten induktiven Wegaufnehmern gemessen. Da diese Kräfte sowohl durch den ungleichmäßigen Druck des Menschen als auch durch die Bewegung des Roboters stark fluktuieren, werden sie zunächst gefiltert und dann die Geschwindigkeit des Roboters entsprechend geregelt. Die Geschwindigkeit wird dabei an das Benutzerverhalten adaptiert.

Referenz:

Graf, B.: "Reactive Navigation of an Intelligent Robotic Walking Aid". In *Proc of the 11th IEEE Int. Workshop on Robot and Human Interactive Communication (ROMAN2002)*, Berlin, Germany, September 25-27 2002, pp. 353-358.

Graphikon: Vision System zur Überwachung natürlicher Szenen

Die Graphikon GmbH entwickelte ein Framework zur automatischen visuellen Überwachung natürlicher Szenen. Die zugrunde liegenden Verfahren ermöglichen es, Bewegungen von Personen oder Objekten in der Szene unabhängig von Beleuchtungsschwankungen zu erkennen und zu bewerten. Anvisierte Einsatzgebiete sind die Arbeitsraumüberwachung im industriellen Umfeld, aber auch Zugangskontrollen oder Verkehrssteuerung. Die Verfahren wurden z.B. in diversen Feldstudien auf dem Gebiet der Bahntechnik präsentiert. Auf dieser Grundlage läuft derzeit die

Akquisition von Projekten im Bereich der Überwachung von Tunneleinfahrten. Führende Sensorhersteller sind ebenfalls an dem Verfahren interessiert.

Graphikon: Vision System zur flexiblen Lage- und Formerfassung

Das von der Graphikon GmbH entwickelte Vision System zur flexiblen Form- und Lageerkennung zeichnet sich besonders durch seine hohe Robustheit sowie die einfache Handhabung aus. Durch einfaches Vorzeigen werden auch komplizierte Teilgeometrien angelernt und anschließend mit höchster Präzision wiedergefunden. Ursprünglich für die Steuerung von Robotergreifern gedacht, haben sich die zugrunde liegenden Module inzwischen auch in anderen kundenspezifischen Anlagen zur Qualitätskontrolle bewährt. Mittlerweile hat Graphikon 6 Sondermaschinen zur Qualitätsprüfung bzw. Produktionssteuerung ausgeliefert, die direkt auf den in MORPHA entwickelten Verfahren aufbauen.

Graphikon: Vision System zur Prüfung von Zylinderkopfdichtungen in der Produktion

Für die optische Inline-Prüfung bei der Produktion von Zylinderkopfdichtungen hat Graphikon ein voll in die Linie integrierbares Prüfmodul entwickelt. Die Dichtungen werden über einen Lichttisch gefördert. Basierend auf Verfahren, die im BMBF-Leitprojekt MORPHA entwickelt wurden, erkennt das System automatisch Vorhandensein, Typ, Lage und Position der Dichtung. Davon ausgehend wird die Dichtung auf Vollständigkeit und Maßhaltigkeit geprüft. Die Kunden schätzen besonders das unkomplizierte Anlernen durch einfaches Vorzeigen des jeweiligen Dichtungstyps sowie die Möglichkeit, beliebige Dichtungstypen in zufälliger Lage vorzuführen. Nach der erfolgreichen Inbetriebnahme des ersten Systems beim Kunden erwartet Graphikon einen weiteren Auftrag über mehrere identische Systeme. Darüber hinaus läuft die Akquisition bei weiteren potentiellen Kunden.

Kuka Roboter: Funktionsmuster für ein interaktives Roboterbedienpanel

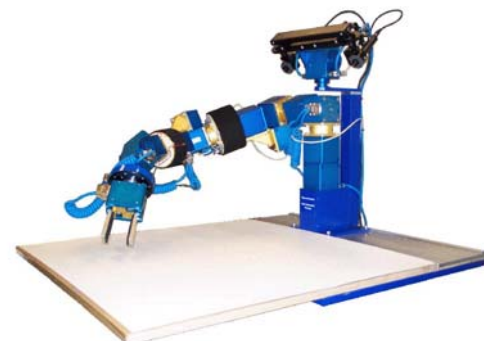
Bei der KUKA Roboter GmbH wurde ein Funktionsmuster für ein Roboter-Bedienpanel entwickelt, das es erlaubt, unterschiedliche Roboter drahtlos zu steuern. Die Bedienung kann über Touchscreen und Spracheingabe erfolgen. Bei der Realisierung der Anwahl der verschiedenen Roboter wurden die Sicherheitsanforderungen der Berufsgenossenschaft bereits berücksichtigt. Die Umsetzung ins Produkt wird in mehreren Schritten erfolgen, wobei der erste Schritt Mitte 2004 abgeschlossen sein soll.



interaktives Roboterbedienpanel

Ruhr-Universität Bochum, Institut für Neuroinformatik: Montageassistent CORA

Im Rahmen des MORPHA-Projektes wurde ein anthropomorpher Montageassistent entwickelt (siehe Bild). Dieser Roboter kann über die natürlichen Kommunikationskanäle Sprache, Vision und Haptik mit einem Benutzer interagieren und gemeinsam mit ihm einfache Montageaufgaben ausführen. Mit seinem in zwei Freiheitsgraden beweglichen Stereo-Kamerakopf kann der Roboter die Kopf- und Blickrichtungsposition des Benutzers, einfache Zeigegesten und Objekte erkennen. Mit seinem anthropomorphen 7-Freiheitsgrade Manipulator kann CORA Objekte Greifen und dabei über eine künstliche Haut und einen Kraftmomentensensor haptische Korrekturen des Benutzers berücksichtigen. Über ein Spracherkennungssystem können



Der Montageassistent CORA.

Benutzer durch natürliche, interpretiert werden und CORA verfügt auch über eine Sprachausgabe, die den Benutzer über den Verhaltenszustand des Roboters informieren kann.

Referenz:

Iossifidis, I Bruckhoff, C. Theis, Ch. Grote, C. Faubel, Ch. Schöner, G. Cora: An anthropomorphic robot assistant for human environment. In *Proc. of the 11th IEEE Int. Workshop on Robot and Human Interactive Communication (ROMAN2002)*, Berlin, Germany, September 25-27, pp. 392-398.

Uni Karlsruhe, IAIM: Augmented-Reality-System

An der Universität Karlsruhe (TH) wurde ein Augmented-Reality-System entwickelt, dessen Anwendungsschwerpunkt in der immersiven, multimodalen Interaktion mit Robotern liegt. Das System ist in der Lage, die Kopfposition des Trägers in allen sechs Freiheitsgraden in einem sehr großen Arbeitsraum festzustellen; der Benutzer kann damit völlig frei agieren. Die Interaktion mit dem System geschieht über Sprache, Gestik oder Menüsteuerung; Rückmeldungen erfolgen über AR-Einblendung und Sprachausgabe.

Referenz:

B.Giesler, T.Salb, T.Weyrich, R.Dillmann. Using a Panoramic Camera for 3D Head Tracking in an AR Environment. In *IEEE Int. Conf. on Mechatronics and Machine Vision in Practice*. September 2002, Chiang Mai, Thailand.

Uni Karlsruhe, IAIM: Natürlich instruierbarer Roboter ALBERT

An der Universität Karlsruhe (TH) wurde ein autonomer Roboter für Manipulationsaufgaben für Haushalts- und Werkstattaufgaben entwickelt. Das System verfügt über eine Dreifingerhand und einen redundanten Roboterarm mit sieben Freiheitsgraden. Als Sensorik steht neben Laserscanner, Ultraschall und Kraftmessdose ein beweglicher Farbkamerakopf zur Verfügung. Das System besitzt eine neuartige Kombinierte Sprach-/ Gestensteuerung, welche die Kommandierung des Roboters auch für ungeübte Benutzer gestattet. Über das System wurde bereits im Rahmen einer Dokumentationsendung des Senders 3SAT berichtet.

Referenz:

Rogalla, O. Ehrenmann, M. Zöllner, R. Becher, R. Dillmann, R. Using Gesture and Speech Control for Command a Robot Assistant. In *Proc. of the 11th IEEE Int. Workshop on Robot and Human Interactive Communication (ROMAN 2002)*, Berlin, Germany, September 25-27, pp. 524-529.



Instruierbarer Roboter ALBERT

2.2. Diplomarbeiten/Dissertationen/Habilitationen

2.2.1. Dissertationen

DLR

Schreiber, G. *Steuerung für redundante Robotersysteme: Benutzer- und aufgabenorientierte Verwendung der Redundanz* (in Arbeit)

Albu-Schäffer, A. *Regelung von Robotern mit flexiblen Gelenken am Beispiel des DLR-Leichtbauarms* (in Arbeit)

Koeppel, R. *Robot Compliant Motion based on Human Skill*. Dissertation No. 14133, ETH Zuerich, 2001. To appear as Monograph Lecture Notes in Control and Information Sciences (LNCIS), Springer Verlag 2002.

FAW

Bank, D. *Error detection and error recovery for autonomous mobile systems by environment modelling with a high-resolution ultrasonic sensing method* (in Arbeit).

Kluge, B. *Bewegungskoordination* (in Arbeit).

Strobel, M. *Disambiguation in Human-Machine-Interaction* (in Arbeit)

Fraunhofer IPA

Graf, B. *Intuitive handle control for motorized walking aids* (in Arbeit).

Hans, M. *Eine modulare Kontrollarchitektur für den Hol- und Bringdienst von Roboterassistenten in Haushalt und Pflege* (in Arbeit).

Rohrmoser B. *Robuste Lokalisierung und Kartenbildung für mobile Roboter* (in Arbeit).

Ruhr-Uni Bochum

Bruckhoff, C. *Dynamische Systeme zum Entwurf von Navigationssystemen*.

Bergener, T. *Eine lernfähige Architektur zur Organisation der Verhalten eines autonomen Roboters*.

Menzner, R. *A Unified Architecture for Speech Controlled Robot Behavior Based on nonlinear Dynamics*.

Iossifidis, I. *Manipulation behavior of an autonomous robot arm generated from attractor dynamics* (in Arbeit).

Theis, C. *Cue fusion based object representations to support grasping behavior of an autonomous robot* (in Arbeit).

Grote, C. *Competitive neuronal dynamics as a basis for automated behavioral design of autonomous robots* (in Arbeit).

Faubel, C. *Diagnostics, adaptation, and learning to enhance behavioral robustness of an autonomous robot system* (in Arbeit).

Uni Karlsruhe

Ehrenmann, M. *Handlungsbeobachtung zur Instruierung von Robotersystemen* (Veröffentlichung Oktober 2003).

Rogalla, O. *Abbildung von Benutzerdemonstrationen auf variable Roboterkonfigurationen*, GCA-Verlag, ISBN 3-89863-123-0, 2003

Giesler, B. *Ein multimodales, immersives System zur Roboterprogrammierung* (in Arbeit)

2.2.2. Diplomarbeiten

Astrium

Vignier, S. *A real-time system for dynamic obstacle detection in the environment of manipulating robots based on range images*, 2001.

DaimlerChrysler

Berres, A. *Interaktives Lernen von Greifstrategien für das sensorbasierte Greifen*.

Elgeti, S. *Sensorische Arbeitsraumüberwachung mobiler Robotersysteme* (in Arbeit).

Viereck, V. *Dezentrale kooperative Planung für mobile Robotersysteme*.

DLR

Abadia, D. *Comparative Analysis and Development of Control Systems for the DLR Light Weight Robot.*

Gruber, R. *Räumliche Ortung und Separation von Geräuschquellen im Bereich der mobilen Servicerobotik.*

Hennig, R. *Inbetriebnahme und Regelung von Harmonic Drive Antriebsmodulen mit DLR Drehmomentensensorik.* FH Zittau/Görlitz.

Ott, Ch. *Stabilisierung eines inversen Pendels mit einem redundanten Roboter.*

Binder, M. *Interaktive Steuerung einer mobilen Plattform mit dem DLR-Leichtbauroboter* Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik, Lehrstuhl für Steuerungs- und Regelungstechnik, TU München.

Renz, M. *Real-Time Support of Haptic Simulations Using Very Large Data Bases.* Institut für Informatik, Ludwig-Maximilians-Universität München.

Fraunhofer IPA

Parlitz, Ch. *Bewegungsplanung für einen mobilen Roboterarm.*

Parlitz, Ch. *Solving the Detection and Path Planning Problems of Grasping Cylindrical Objects with a Robot Arm* (Master Thesis).

Rothfuß, Borge. *Implementierung eines Verfahrens zur simultanen Lokalisierung und Kartenaufbau anhand einer mobilen Roboterplattform.*

Propack Data

Baier, J. *Beschreibung von Benutzerschnittstellen mit XML* (Masterarbeit).

Schmid, U. *Bedienkonzepte für ein zukünftiges PMX.* FH.

Ruhr-Uni Bochum

Hustadt, K. *Entwicklung eines Verfahrens zur Blickrichtungserkennung beim Menschen.* 2000.

Khalid, M. *Entwicklung eines Verfahrens zum visuellen Führen eines Roboterarms.* 2000.

Theis, C. *Stereoskopische Lokalisierung und Erkennung von Objekten im Greifraum eines autonomen Montageroboters.* 2000.

Theis, C. *Stereoskopische Lokalisierung und Erkennung von Objekten im Greifraum eines autonomen Montageroboters.* (Master's thesis), 2001.

Vetter, B. *Entwicklung eines Softwaremoduls zur ansichtenbasierten Erkennung und Verfolgung hochdynamischer Objekte für einen anthropomorphen Roboterassistenten.* 2002.

Siemens

Ho Chi E. Chow *Object Grasping Skill of a Robotic Manipulator.* BA-Thesis SFU Burnaby / BC, 20.03.2002.

de Graeve, C.-M. *Lokalisierung bei Umgebungsdynamik und Kartenaufbau (SLAM) auf Basis von Mittelachsen.* (Diplomarbeit), Universität Karlsruhe, 10.10.2002.

Uni Karlsruhe

Dreiling, P. *Konstruktion eines inertialen Trackingsystems für AR-Anwendungen.*

Gimeno, E. *Bildbasierte Erkennung statischer Gesten.*

Lehne, C. *Farbbasierte Objekterkennung und Identifikation.*

Lütticke, T. *Gestenerkennung zur Anweisung eines mobilen Roboters.*

Ly Duc, N. *Adaptive Hautfarbensegmentierung.*

Makni, C. *Umsetzung von Benutzerdemonstrationen auf Manipulationssysteme.*

Reichling, W. *Effiziente Fusion von Sichtpyramiden bzw. Sichtecken zur dynamischen Umweltmodellierung.*

Runa, A.. *Robuste Erkennung von Umweltmerkmalen in Panoramakamerabildern.*

Weyrich, T. *Entwicklung eines Kopfverfolgungssystems auf der Basis einer Panoramakamera und künstlicher Landmarken.*

2.3. Veröffentlichungen

2.3.1. Veröffentlichungen in Fachjournalen

DaimlerChrysler

Kristensen, S. Hansen, V. Horstmann, S. Klandt, J. Kondak, K. Lohnert, F. and Stopp, A. Interaktives Lernen von Weltmodellen für einen Service-Roboter. *KI-Zeitschrift*. Vol. 1, 2001, pp. 52-59.

DLR

Albu-Schäffer, A. and Hirzinger, G. A globally stable state feedback controller for flexible joint robots. *Journal of Advanced Robotics*, Special Issue. Vol.15, No.8, 2001, pp.799-814.

FAW

Bank, D. A Novel Ultrasonic Sensing System for Autonomous Mobile Systems. In *IEEE Sensors Journal*, Vol. 2, No. 6, December 2002, pp. 597-606.

Illmann, J. Kluge, B. Prassler, E. Strobel, M. Statistical Recognition of Motion Patterns. In *Advanced Robotics, Int.Journal of the Robotics Society of Japan*. 2003

Kämpke, T. Interfacing Graphs. *Journal of Machine Graphics and Vision* MGV, 9/2000, pp. 797-824.

Prassler, E. Bank, D. Kluge, B. Key Technologies in Robot Assistants: Motion Coordination between a Human and a Mobile Robot. In *Transactions on Control, Automation and Systems Engineering*, 4(1), March 2002, pp. 56-61.

Prassler, E. Ritter, A. Schaeffer, C. Fiorini, P. A Short History of Cleaning Robots. *Autonomous Robots*, special issue on Cleaning and Housekeeping Robots, 9 (3), 2000.

Fraunhofer IPA

Schraft, R.D.; Graf, B.; Traub, A.; John, D.; A Mobile Robot Platform for Assistance and Entertainment. In *Industrial Robot Journal*, Vol. 28, 2001, pp. 83-94.

Propack Data

Hofsäß, F. Ludviksson, A. Wilder Winzling, *iX9/02*, pp. 72.

Ludviksson, A. und Götze, S. Mobile Kommunikation: Handheld-PCs im E-Manufacturing. *SPS-Magazin*. Ausgabe 4+5, 2001.

Zoller+Fröhlich

Buttkereit, M.; Fröhlich, C. Mit dem Laser noch effektiver - Exakte Abbilder der realen Geometrien *Journal of Chemie Produktion*, moderne industrie verlag, Heft 4/2000, pp. 26-28.

Mettenleiter, M. and Fröhlich, C. Visuelles Laserradar zur 3D Erfassung und Modellierung Realer Umgebungen. In *at*, 4/2000, Oldenbourg Verlag, pp. 182-190.

2.3.2. Sonstige Veröffentlichungen

Astrium

Estable, S. Ahrns, I. Backhaus, H.G. El Zubi, O. Muenstermann, R. Intuitive Teaching and Surveillance for Production Assistants. In *Proc. of the 11th IEEE Int. Workshop on Robot and Human Interactive Communication (ROMAN2002)*, Berlin, Germany, September 25-27, 2002, pp. 474-481.

DaimlerChrysler

Kristensen, S. Horstmann, S. Klandt, J. Lohnert, F. and Stopp, A. Human-Friendly Interaction for Learning and Cooperation. In *Proc. of the 2001 IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation*, Seoul/Korea, 2001.

Kristensen, S. Neumann, M. Horstmann, S. Lohnert, F. and Stopp A. Tactile Man-Robot Interaction for an Industrial Service Robot. In *Sensor Based Intelligent Robots*, hrsg v. H. I. Christensen und G. Hager (Reihe: Lecture Notes in Artificial Intelligence). Springer, September 2001.

Stopp, A. Baldauf, T. Hantsche, R. Horstmann, S. Kristensen, S. Lohnert, F. Priem, C. Ruescher, B. The Manufacturing Assistant: Safe, Interactive Teaching of Operation Sequences. In *Proc. of the 11th IEEE Int. Workshop on Robot and Human Interactive Communication (ROMAN2002)*, Berlin, Germany, September 25-27, 2002, pp.386-391.

Stopp, A. Horstmann, S. Kristensen, S. and Lohnert, F. Interactive learning of robot manufacturing assistants. In *Proc. of the 5th German Workshop on Artificial Life (GWAL5)*, March 2002.

Stopp, A. Horstmann, S. Kristensen, S. and Lohnert, F. Towards Interactive Learning for Manufacturing Assistants. In *Proc. of the 10th IEEE Int. Workshop on Robot-Human Interactive Communication ROMAN2001*, September 2001.

Stopp, A. Horstmann, S. Kristensen, S. and Lohnert, F. Towards Interactive Learning for Manufacturing Assistants. In *ROBOTIK 2002: Leistungsstand - Anwendungen - Visionen - Trends*. VDI-Berichte 1679, VDI/VDE, VDI-Verlag, Ludwigsburg, Germany, June 2002.

DELMIA

Lay, K. MORPHA - Intelligente anthropomorphe Assistenzsysteme. In *it+ti*, 8/2000, pp. 38-43.

DLR

Albu-Schäffer A. and Hirzinger, G. Cartesian Impedance Control Techniques for Torque Controlled Light-Weight Robots. In *Proc. of the IEEE International Conference on Robotics & Automation (ICRA 2002)*, Washington, DC, May 2002, pp. 657-663.

Albu-Schäfer, A. and Hirzinger, G. State feedback controller for flexible joint robots: A globally stable approach implemented on DLR's light-weights robots. In *Proc. of the IEEE/RSJ Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems (IROS 2000)*, Takamatsu, Japan, 2000.

Borst, Ch. Fischer, M. Hirzinger, G. Calculating Hand Configurations for Precision and Pinch Graps. In *Proc. of the IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS2002)*, EPFL, Lausanne, Schweiz.

Grunwald, G Schreiber, G. Albu-Schäffer, A. Hirzinger, G. Programming by Touch: The Different Way of Human Robot Interaction. To appear in *the special issue of IEEE Transaction on Industrial Electronics*.

Grunwald, G Schreiber, G. Albu-Schäffer, A. Hirzinger, G. Touch: The Direct Type of Human Interaction with a Redundant Service Robot. In *Proc. of the IEEE Int. Conf. on Robot and Human Interactive Communication (ROMAN 2001)*, Bordeaux-Paris, France, 18.-21. Sept. 2001.

Hirzinger, G. On the interaction between human hand and robot - from space to surgery. In *Plenary Session: Invited Speaker of the 10th IEEE International Workshop on Robot Human Interactive Communication (ROMAN2001)*, Bordeaux-Paris, France, 2001.

Koeppel, R. Robot Compliant Motion based on Human Skill. Dissertation No. 14133, ETH Zurich, 2001. To appear as *Monograph Lecture Notes in Control and Information Sciences (LNCIS)*, Springer Verlag 2002.

Koeppel, R. Albu-Schäffer, A. Preusche, C. Schreiber, G. Hirzinger, G. A New Generation of Compliance Controlled Manipulators with Human Arm Like Properties'. In *Proc. of the Int. Symposium on Robotics Research (ISRR 2001)*, Lorne, Australia, 2001.

Ott, C. Albu-Schaeffer, A. Hirzinger, G. Comparison of Adaptive and Nonadaptive Tracking Control Laws for a Flexible Joint Manipulator. In *Proc. of the IEEE/RSJ Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems (IROS2002)*, EPFL, Lausanne, Schweiz.

Schreiber, G. Ott, Ch. Hirzinger, G. Interactive Redundant Robotics: Control of the Inverted Pendulum with Nullspace Motion. In *Proc. of the IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS2001)*, Maui, Hawaii, 2001, pp. 158-164.

Schreiber, G. and Hirzinger, G. An intuitive interface for nullspace teaching of redundant robots. In *Proc. of the Int. Symposium on Advances in Robot Kinematics*, Portoroz, Slovenia, 2000.

Schreiber, G. Hirzinger, G. Realtime Coordinated Redundant Motion of Nonholonomic Mobile Manipulator. *International Symposium on Advances in Robotics and Kinematics; Theory and Application*, Spanien, 2002.

FAW

Bank, D. An Error Detection Model for Ultrasonic Sensor Evaluation on Autonomous Mobile Systems. In *Proc. of the IEEE Int. Workshop on Robot and Human Interactive Communication (ROMAN2002)*, Berlin, Germany, September 25-27, 2002.

Bank, D. A Novel Ultrasonic Sensing System for Autonomous Mobile Systems. In *Proc. of the IEEE Conference Sensors 2002*, Orlando, Florida, USA, June 12-14, 2002.

Bank, D. A High-Performance Ultrasonic Sensing System for Mobile Robots. In *ROBOTIK 2002: Leistungsstand - Anwendungen - Visionen - Trends*. VDI-Berichte 1679, VDI/VDE, VDI-Verlag, Ludwigsburg, Germany, June 2002, pp. 557-564.

Bank, D. Error Detection, Error Recovery and Safe Navigation for Autonomous Mobile Systems. In *Proc. of IARP / IEEE-RAS Joint Technical Challenge for Dependable Robots in Human Environments*, Seoul, Korea 2001.

Bank, B. Prassler, E. Safe Navigation of Autonomous Mobile Systems by Wide-Range Ultrasonic Environment Coverage. In *Proc. of the IARP / IEEE-RAS Joint Workshop on Technical Challenge for Dependable Robots in Human Environments*, Toulouse, France, October 7-8, 2002, pp. 42-49.

Illmann, J. Köhler, C. Integration von Kontextwissen zur videobasierten Szenenanalyse. In *ROBOTIK 2002: Leistungsstand - Anwendungen - Visionen - Trends*. VDI-Berichte 1679, VDI/VDE, VDI Verlag, Ludwigsburg, Germany, June 2002.

Illmann, J. Kluge, B. Prassler, E. People Tracking Using Omnidirectional Vision and Range Data. In *Proc. of SPIE, Sensor Fusion and Decentralized Control in Robotic Systems IV*, (ed. by) McKee, Gerard T., Schenker, Paul S., Volume 4571 Newton Massachusetts, USA, Nov. 2001, pp. 128-138.

Illmann, J. Kluge, B. Prassler, E. Statistical Recognition of Motion Patterns. In *Proc. of the IEEE/RSJ Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems (IROS 2002)*, Lausanne, Switzerland, Sep. 30 - Oct. 5, 2002.

Illmann, J. Kluge, B. Strobel, M. Gesture Recognition in a Spatial Context for Commanding a Domestic Service Robot. In *ROBOTIK 2002: Leistungsstand - Anwendungen - Visionen - Trends*. VDI-Berichte 1679, VDI/VDE, VDI Verlag, Ludwigsburg, Germany, June 2002.

Kämpke, T. and Strobel, M. A command interface for 3D trajectories.

- Kämpke, T. and Strobel, M. Graph Voronoi regions for interfacing planar graphs. In *Proc. of Int. Conf. on Computational Science (ICCS'01)*, San Francisco, USA, 2001, Springer LNCS 2073, pp. 708-717.
- Kluge, B. Tracking Multiple Moving Objects in Populated, Public Environments. In H. Bunke, H. I. Christensen, G. Hager, R. Klein, (eds.). In *Proc. of Dagstuhl Seminar No. 421 on Modelling of Sensor-Based Intelligent Robot Systems*, Dagstuhl, Germany, October 2000.
- Kluge, B. Recursive Probabilistic Velocity Obstacles for Reflective Navigation. In *Proc. of 1st Int. Workshop on Advances in Service Robots (ASER 2003)*, Bardolino, Italien, März 2003.
- Kluge, B. Bank, D. and Prassler, E. Motion Coordination in Dynamic Environments: Reaching a Moving Goal while Avoiding Moving Obstacles. In *Proc. of 11th IEEE Int. Workshop on Robot and Human Interactive Communication (ROMAN2002)*, Berlin, Germany, September 25-27, 2002.
- Kluge, B. Köhler, C. and Prassler, E. Fast and Robust Tracking of Multiple Moving Objects with a Laser Range Finder. In *Proc. of IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation (ICRA2001)*, Seoul, Korea, May 2001.
- Kluge, B. Prassler, E. and Illmann, J. Situation Assessment in a Crowded Public Environment. In *Proc. of 3rd. Int. Conf. on Field and Service Robotics (FSR 2001)*, Helsinki, Finland, 2001.
- Marrone, F. and Strobel, M. Cleaning Assistant - A Service Robot Designed for Cleaning Tasks. In *Proc. of the 2001 IEEE/ASME Int. Conf. On Advanced Intelligent Mechatronics (AIM2001)*.
- Marrone, F. Raimondi, F. M. and Strobel, M. Compliant Interaction of a Domestic Service Robot with a Human and the Environment. In *Proc. of 33rd Int. Symposium on Robotics (ISR2002)*, Stockholm, October 7-11, 2002
- Prassler, E. Bank, D. Kluge, B. and Strobel, M. Coordinating the Motion of a Human and a Mobile Robot in a Populated, Public Environment. In *Proc. Of 3rd Int. Conf. on Field and Service Robotics (FSR2001)*, Helsinki, Finland, 2001.
- Prassler, E. Bank, D. Kluge, B. Motion Coordination between a Human and a Robotic Wheelchair. In *Proc. of the IEEE Int. Conf. on Robot and Human Interactive Communication (ROMAN2001)*, September 18-21, 2001, Bordeaux-Paris, France, pp. 412-417
- Prassler, E. Bank, D. and Kluge, B. Motion Coordination between a Human and a Mobile Robot. In *Proc. of IEEE/RSJ Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems (IROS2002)*, Lausanne, Switzerland, 2002.
- Prassler, E. Kluge, B. Motion Coordination in a Busy Environment: Robots Accompanying People. In *ROBOTIK 2002: Leistungsstand – Anwendungen – Visionen - Trends*. VDI-Berichte 1679, VDI/VDE, VDI Verlag, Ludwigsburg, Germany, June 2002.
- Strobel, M. Illmann, J. Kluge, B. Marrone, F. Gesture Recognition in a Spatial Context for Commanding a Domestic Service Robot. In *Proc. of 33rd Int. Symposium on Robotics (ISR2002)*, Stockholm, October 7-11, 2002.
- Strobel, M. Illmann, J. Kluge, B. Marrone, F. Using Spatial Context Knowledge in Gesture Recognition for Commanding a Domestic Service Robot. In *Proc. of the 11th IEEE Int. Workshop on Robot and Human interactive Communication (ROMAN2002)*, Berlin, Germany, September 25-27, 2002, pp. 468-473.
- Strobel, M. Illmann, J. and Prassler, E. Intuitive Programming of a Mobile Manipulator System Designed for Cleaning Tasks in Home Environments. In *Proc. of 3rd Int. Conf. on Field and Service Robotics (FSR2001)*, Helsinki, Finland, 2001.
- Strobel, M. Kämpke, T. Dynamic Gesture Recognition in Spatial Context. In *ROBOTIK 2002: Leistungsstand – Anwendungen – Visionen - Trends*. VDI-Berichte 1679, VDI/VDE, VDI Verlag, Ludwigsburg, Germany, June 2002.

beantragte Veröffentlichungen

Kluge, B. Prassler, E. Recursive Probabilistic Velocity Obstacles for Reflective Navigation. *Submitted to 4th. Int. Conf. on Field and Service Robotics (FSR2003)*.

Prassler, P. Hägele, M. Siegwart, R. First International Contest for Cleaning Robots: Fun Event or a First Step towards Benchmarking in Service Robotics. *Submitted to 4th Int. Conf. on Field and Service Robotics (FSR2003)*.

Fraunhofer IPA

Graf, B. Reaktive Navigation eines intelligenten Gehhilferoboters. In *Tagungsband zum 17. Fachgespräch Autonome Mobile Systeme (AMS2001)*, Oktober 11/12, 2001, Stuttgart, Deutschland, pp. 120-126.

Graf, B. Reactive Navigation of an Intelligent Robotic Walking Aid. In *Proc. of the IEEE Int. Conf. on Robot and Human Interactive Communication (ROMAN2001)*, Sept. 18-21, 2001, Bordeaux-Paris, France, pp. 353-358

Graf, B. Barth, O. Entertainment Robotics: Examples, Key Technologies and Perspectives. In *Proc. of IROS-Workshop "Robots in Exhibitions" 2002*.

Graf, B. Hans, M. Kubacki, J. Schraft, R.D. Robotic Home Assistant Care-O-bot II. In *Proc. of the Second Joint Meeting of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society and the Biomedical Engineering Society*, Houston, Texas, 2002.

Graf, B. Helms, E. Lakshmana, V. Rohrmoser, B. Schraft, R.D. Anthropomorphic Robot Assistants - Giving the Human a Helping Hand. In *Proc. of the Second IARP IEEE/RAS Joint Workshop on Technical Challenge for Dependable Robots in Human Environments*, Toulouse 2002, pp. 20-24.

Graf, B. Hägele, M. Dependable Interaction with an Intelligent Home Care Robot. In *Proc. of the IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation (ICRA2001)*, Seoul/Korea, 21.-26. Mai 2001.

Graf, B. Hostalet Wandosell, J. M. Flexible Path Planning for Nonholonomic Mobile Robots. In *Proc. of The 4th European workshop on advanced mobile robots (EUROBOT'01)*, September 19-21, 2001, Lund, Schweden, pp.199-206.

Graf, B. Schraft, R.D. Neugebauer, J. A Mobile Robot Platform for Assistance and Entertainment. In *Proc. of ISR 2000*, Montreal, pp. 252-253.

Hägele M. Neugebauer, J. and Schraft, R.D. From Robots to Robot Assistants. In *Proc. of the 32th International Symposium on Robotics (ISR2001)*, 19-21 April 2001

Hägele, M. Schaaf, W. Helms, E. Robot Assistants at Manual Workplaces: Effective Co-operation and Safety Aspects. In: *Int. Symposium on Robotics 2002 / CD-ROM: Proc.* October 7-11, 2002, Stockholm, Sweden.

Hans, M. and Baum, W. Concept of a Hybrid Architecture for Care-O-bot. In *Proc. of the IEEE Int. Conf. on Robot and Human Interactive Communication (ROMAN2001)*, September 18-21, 2001, Bordeaux-Paris, France, pp. 407-411

Hans, M. Graf, B. Schraft, R.D. Robotics Home Assistant Care-O-bot: Past - Present - Future. In *Proc. of the 11th IEEE Int. Workshop on Robot and Human interactive Communication (ROMAN2002)*, Berlin, Germany, September 25-27, 2002, pp. 380-385.

Helms, E. Dünne, M. Hans, M. Hägele, M. Hostalet Wandosell, J. M. Rohrmoser, B. Rob@work: Assistentensysteme als Helfer in der Produktion. *ROBOTIK 2002: Leistungsstand – Anwendungen – Visionen - Trends*. VDI-Berichte 1679, VDI/VDE, VDI Verlag, Ludwigsburg, Germany, June 2002.

Helms, E. Schraft, R.D. Haegele, M. rob@work: Robot Assistant in Industrial Environments. In *Proc. of the 11th IEEE Int. Workshop on Robot and Human interactive Communication (ROMAN2002)*, Berlin, Germany, September 25-27, 2002, pp. 399-404.

Hostalet Wandosell, J. M. Graf, B. *Non-Holonomic Navigation System of a Walking-Aid Robot*. In *Proc. of the 11th IEEE Int. Workshop on Robot and Human Interactive Communication (ROMAN2002)*, Berlin, Germany, September 25-27, 2002, pp. 518-523.

Rohrmoser, B. Parlitz, Ch. Implementierung einer Bewegungsplanung für einen Roboterarm. In *ROBOTIK 2002: Leistungsstand – Anwendungen – Visionen - Trends*. VDI-Berichte 1679, VDI/VDE, VDI Verlag, Ludwigsburg, Germany, June 2002

Schaeffer, C. May, T. Care-O-bot: A System for Assisting Elderly or Disabled Persons in Home Environments. In *Proc. of AAATE-99*, Düsseldorf, 1999.

Ruhr-Universität Bochum

Bergener, T. Bruckhoff, C. Igel, Ch. Parameter Optimization for Obstacle Detection, Imaging and Vision Systems: Theory, Assessment and Applications. In Jaques Blanc-Talon and Dan Popesc. (Hrsg.) *Parameter Optimization for Obstacle Detection*. Series: Advances in Computation: Theory and Practice.

Iossifidis, I. Bruckhoff, C. Theis, C. Grote, C. Faubel, C. Schoener, G. Cora: An Anthropomorphic Robot Assistant for Human Environment. In *Proc. of the 11th IEEE Int. Workshop on Robot and Human Interactive Communication (ROMAN2002)*, Berlin, Germany, September 25-27, 2002, pp 392-398.

Iossifidis, I. and Steinhage, A. Controlling an 8 dof manipulator by means of neural fields. In *Proc. of the Int. Conf. on Field and Service Robotics (FSR2001)*, Helsinki, Finland, 2001.

Iossifidis, I. and Steinhage, A. Dynamical systems: A framework for man machine interaction. In *Proc. of the Int. Conf. on Automation and Information: Theory and Applications (AITA 2001)*, Skiathos, Greece. WSES. 2001.

Iossifidis, I. and Steinhage, A. Controlling a redundant Robot Arm by Means of a Haptic Sensor. In *ROBOTIK 2002: Leistungsstand – Anwendungen – Visionen - Trends*. VDI-Berichte 1679, VDI/VDE, VDI Verlag, Ludwigsburg, Germany, June 2002, pp. 269-274.

Iossifidis, I. Behavior Generation for Autonomous Agents in 3D Space by Means of Dynamical Systems. (**submitted**). In *Proc. of the 2003 IEEE/RSJ Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems (IROS 2003)*. IEEE Press 2002.

Iossifidis, I. Theis, C. Grote, C. Faubel C. and Schöner, G. Anthropomorphism as a pervasive design concept for a robotic assistant. (**submitted**). In *Proc. of the 2003 IEEE/RSJ Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems (IROS 2003)*. IEEE Press 2002.

Iossifidis, I. Steinhage, A. und von Seelen, W. Generation Behavior for Anthropomorphic Robots. In *Vision based object recognition in robotics: ideas from neuroscience*, Series: Lecture Notes in Artificial Intelligence (LNAI), Springer-Verlag.(to appear)

Leefken, I. and Steinhage, A. Generating Complex Driving Behavior by Means of Neural Fields. In *Fachgespräch für autonome mobile Systeme (AMS 2000)*, Stuttgart, Germany. 2001.

Mallet, P. Bicho, E. Schöner, G. La dynamique des attracteurs comme base de génération de comportements en robotique mobile autonome. In: Ganascia, J.-G. Guillot, A. Daucé, E. (editors) *Modèles dynamiques de la cognition artificielle*, Éditions Hermès, Paris, 2002

Mallet, P. Schöner, G. WAD Project where Attractor Dynamics aids wheelchair Navigation. In *Proceedings of the 2002 IEEE/RSJ Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems (IROS 2002)*. IEEE Press, 2002.

Menzner, R. Steinhage, A. and Erlhagen, W. Generating Interactive Robot Behavior: A Mathematical Approach. In *From animals to animals 6: Proc. of the Sixth Int. Conf. on Simulation of Adaptive Behavior (SAB 2000)*, the MIT-press, 2000, pp. 135-144.

Steinhage, A. The Dynamic Approach to Anthropomorphic Robotics. In *Proc. of 2000 4th Portuguese Conf. on Automatic Control*, 2000.

Steinhage, A. Dynamic Neural Fields for Robot Control. In *Proc. of the Int. Workshop on Dynamical Neural Networks and Applications (DYNN 2000)*.

Steinhage A. and Bergner, T. Learning by doing: A Dynamic Architecture for Generating Adaptive Behavioral Sequences. In *Proc. of the 2nd Int. ICSC Symposium on Neural Computation, (NC'2000)*, pp. 813-820.

Steinhage, A. and von Seelen, W. Dynamische Systeme zur Verhaltensgenerierung eines anthropomorphen Roboters. In R. Dillmann, R. Wörn, H. and von Ehr, M. *Autonome Mobile Systeme (AMS 2000)* Reihe Informatik aktuell, Springer Verlag, 2000, pp. 260-269.

Steinhage, A. and Winkel, C. A Robust Self-Calibrating Data Fusion Architecture. In *Proc. Of the IEEE 2000 Int. Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)*, Hawaii 2000.

Theis, C. Hustadt, K. Detecting the Gaze Direction for a Man Machine Interface. In *Proc. of the 11th IEEE Int. Workshop on Robot and Human Interactive Communication (ROMAN2002)*, Berlin, Germany, September 25-27, 2002, pp 536-541.

Theis, C. Iossifidis, I. and Steinhage, A. Image processing methods for interactive robot control. In *Proc. of the 10th Int. Workshop on Robot-Human Interactive Communication (ROMAN2001)*, Bordeaux-Paris, France, 2001.

Uni Karlsruhe

Dillmann R. Zöllner, R. Ehrenmann, M. Rogalla, O. Interactive Natural Programming of Robots: Introductory Overview (*DREH 2002*), October, Toulouse, France 2002.

Ehrenmann, M. Becher, R. Giesler, B. Zöllner, R. Rogalla, O. Dillmann, R. Interaction with Robot Assistants: Commanding ALBERT. In *Proc. 2002 IEEE/RSJ Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems (IROS)*, Lausanne, Switzerland, September 2002.

Ehrenmann, M. Knoop, S. Zöllner, R. Dillmann, R. Sensor Fusion Approaches for Observation of User Actions in Programming by Demonstration. In *Proc of the Int. Conf. on Multi Sensor Fusion and Integration for Intelligent Systems (MFI 2001)*, August 19-22 2001, Baden-Baden, Germany, pp. 227-232.

Ehrenmann, M. Lütticke, T. and Dillmann, R. Erkennung dynamischer Gesten zur Kommandierung mobiler Roboter. In *Tagungsband zum 16. Fachgespräch Autonome Mobile Systeme, (AMS'2000)*, November 2000.

Ehrenmann, M. Lütticke, T. Dillmann, R. *Directing a Mobile Robot with Dynamic Gestures*. In Proceedings of the 32nd International Symposium on Robotics (ISR), vol.1, 19.--21. April 2001, Seoul, Korea, CD-ROM.

Ehrenmann, M. Lütticke, T. Dillmann, R. *Dynamic Gestures as an Input Device for Directing a Mobile Platform*. In Proceedings of the 2001 International Conference on Robotics and Automation (ICRA), vol.1, 23.-25. Mai 2001, Seoul, Korea.

Ehrenmann, M. Rogalla, O. Zöllner, R. and Dillmann, R. Belehrung komplexer Aufgaben: Programmierung durch Vormachen in Werkstätten und Haushalten. In *ROBOTIK 2002: Leistungsstand – Anwendungen – Visionen - Trends*. VDI-Berichte 1679, VDI/VDE, VDI Verlag, Ludwigsburg, Germany, June 2002

Ehrenmann, M. Rogalla, O. Zöllner, R. and Dillmann, R. Teaching service robots complex tasks: Programming by demonstration for workshop and household environments. In *Proc. of the Int. Conf. on Field and Service Robots (FSR 2001)*, vol.1, Helsinki, Finland, June 11-13, 2001, pp. 397-402.

Ehrenmann, M. Zoellner, R.D. Rogalla, O. Dillmann, R. Programming Service Tasks in Household Environments by Human Demonstration. In *Proc. of the 11th IEEE Int. Workshop on Robot and Human Interactive Communication (ROMAN2002)*, Berlin, Germany, September 25-27, 2002, pp. 460-467.

Giesler, B. Salb, T. Weyrich, T. Dillmann, R. Using a Panoramic Camera for 3D Head Tracking in an AR Environment. In *Proc. of the IEEE Int. Conf. on Mechatronics and Machine Vision in Practice*, Chiang Mai, Thailand, September 2002

Rogalla, O. Ehrenmann, M. Zoellner, R.D. Becher, R. Dillmann, R. Using Gesture and Speech Control for Commanding a Robot Assistant. In *Proc. of the 11th IEEE Int. Workshop on Robot and Human Interactive Communication (ROMAN2002)*, Berlin, Germany, September 25-27, 2002, pp. 454-459.

Rogalla, O. Pohl, K. Dillmann, R. A general Approach for Modeling Robots. In *Proc. 2000 IEEE International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)*.

Steinhaus, P. Dillmann, R. Distributed Vision and 3D-Data Fusion for mobile Platform Navigation. In *Proc. of the Int. Conf. on Multi Sensor Fusion and Integration for Intelligent Systems (MFI)*, August 19-22 2001, Baden-Baden, Germany, pp. 171-176.

Zöllner, R. Rogalla, O. Dillmann, R. Integration of tactile Sensors in a Programming by Demonstration System. In *Proc. of the Int. Conf. on Robotics and Automation (ICRA)*, Seoul, Korea, 21.-26. Mai 2001.

Zöllner, R. Rogalla, O. Dillmann, R. Tactile Sensors for Programming by Demonstration System. In *Proc. of the 32th Int. Symp. on Robotics (ISR)*, Seoul, Korea, 19.-21. April 2001.

Zöllner, R. Rogalla, O. Dillmann, R. and Zöllner, J.M. Dynamic Grasp Recognition within the Framework of Programming by Demonstration. In *Proc. of the IEEE Int. Conf. on Robot and Human Interactive Communication (ROMAN 2001)*, Bordeaux-Paris, France, 18-21 Sept. 2001.

Zöllner, R. Rogalla, O. Dillmann, R. and Zöllner, M. Understanding Users Intention: Programming Fine Manipulation Tasks by Demonstration In *Proc. of the 2002 IEEE/RSJ Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems (IROS)*, Lausanne, Switzerland, September 2002.

KUKA Roboter

Bischoff, R. Kazi, A. Seyfarth, M. The MORPHA Style Guide for Icon-Based Programming. In *Proc. of the 11th IEEE Int. Workshop on Robot and Human Interactive Communication (ROMAN2002)*, Berlin, Germany, September 25-27, 2002, pp. 482-487.

Kazi, A. Seyfarth, M. Der MORPHA Styleguide für Icon-basiertes Programmieren. In *ROBOTIK 2002: Leistungsstand – Anwendungen – Visionen - Trends*. VDI-Berichte 1679, VDI/VDE, VDI Verlag, Ludwigsburg, Germany, June 2002

Bischoff, R. MORPHA-Styleguide für Icon-basiertes Programmieren. Vortrag bei *MTI-Workshop „Usability Engineering und Ergonomie“* (25.02.02)

Kazi, K. Der MORPHA-Styleguide für Icon-basiertes Programmieren. Vortrag bei *Fachausschuss 5.33 Mensch-Maschine-Kommunikation der VDI/VDE-Gesellschaft Meß- und Automatisierungstechnik* (14.02.02)

Kazi, A. Seyfarth, M. MORPHA Style Guide for Icon-Based Programming (Technisches Dokument).

Siemens

Fiegert, M., De Graeve C. M. MALOC - Medial Axis LOCALization in unstructured dynamic environments. To appear in: *Proc. of the Int. Conf. on Field and Service Robots (FSR'03)*, July 2003.

Ginhoux, R. Gutmann, J.-S. Model-Based Object Tracking Using Stereo Vision. In *Proc. of the 2001 IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation*, pp. 1226-1232.

von Wichert, G. A Probabilistic Approach to Simultaneous Segmentation, Object Recognition, 3D Localization and Tracking using Stereo. In B. Radig, S. Florczyk (eds.), *Pattern Recognition, 23rd DAGM Symposium 2001*, pp. 100-107.

v. Wichert, G. Lawitzky, G. Man-Machine Interaction for Robot Applications in Everyday Environments. In *Proc of the 10th IEEE Int. Workshop on Robot and Human Interactive Communication 2001. (ROMAN 2001)*, Bordeaux-Paris, France, 18.-21. Sept. 2001, pp.343-346.

von Wichert, G. Klimowicz, C. Neubauer, W. Wösch, T. Lawitzky, G. Caspari, R. Heger, H.-J. Witschel, P. Handmann, U. Rinne, M. The Robotic Bar - An Integrated Demonstration of Man-Robot Interaction in a Service Scenario. In *Proc. of the 11th IEEE Int. Workshop on Robot and Human Interactive Communication, (ROMAN2002)*, Berlin, Germany, September 25-27, 2002, pp. 374-379.

von Wichert, G. Wösch, T. Gutmann S. and Lawitzky G. MobMan: Ein mobiler Manipulator für Alltagsumgebungen. In Dillmann, R. Wörn, H. and von Ehr, M. *Autonome Mobile Systeme 2000*, Reihe Informatik aktuell, Springer Verlag 2000, pp. 55-62.

Wösch, T. Taktile Mensch-Maschine-Interaktion. In *ROBOTIK 2002: Leistungsstand – Anwendungen – Visionen - Trends*. VDI-Berichte 1679, VDI/VDE, VDI Verlag, Ludwigsburg, Germany, June 2002, pp. 275-280.

Wösch, T. mPlanner: Robot Motion Planning Based on Interaction of Planner and Controller. In *Proc. of the Int. Conf. ISRA 2002*, pp. 275-279. (Vortrag und Veröffentlichung)

Wösch, T. Feiten, W. *Reactive Motion Control for Human-Robot Tactile Interaction*. In Proc. of the 2002 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA 2002), Washington D.C., USA, Mai 11-15, 2002, pp. 3807-3812.

Wösch, T. Neubauer, W. Collision Avoidance and Handling for a Mobile Manipulator. In *Proc. of the 7th. Int. Conf. Intelligent Autonomous Systems (IAS 2002)*, März 25-27, 2002, Marina del Rey, Kalifornien, USA, pp.388-391.

Wösch, T. and Neubauer, W. Kollisionserkennung und -vermeidung für einen mobilen Manipulator. In Levi, P. und Schanz, M. *Autonome Mobile Systeme 2001*. 17. Fachgespräch, Stuttgart, 11./12. Oktober 2001, Springer Verlag Berlin, pp. 104-112.

Wösch, T. Neubauer, W. Servicerobotik - Umgebungserfassung und Bewegungssteuerung für einen mobilen Manipulator. In *Tagungsband 12. Steirisches Seminar über Regelungstechnik und Prozessautomatisierung*, pp. 141-154.

Wösch, T. Neubauer, W. v. Wichert, G. Kemény, Z. Robot Motion Control for Assistance Tasks. In *Proc. of the 11th IEEE Int. Workshop on Robot and Human Interactive Communication, (ROMAN2002)*, Berlin, Germany, September 25-27, 2002, pp. 524-529. (Vortrag und Veröffentlichung)

Zoller+Fröhlich

Bailey, A. Fröhlich, C. The growth of 3D laser scanning and modelling - practical experience of large scale industrial applications. In *Int. Conf. on Numerisation 3D - Human Modelling*, Paris, 24.05. -25.05.2000, Paris.

Haertl, F. Heinz, I. Fröhlich, C. Semi - Automatic 3D CAD Model Generation of As - Built Conditions of Real Environments using a Visual Laser Radar. In *Proc. of the IEEE Int. Conf. on Robot and Human Interactive Communication (ROMAN2001)*, September 18-21, 2001, Paris, France, pp. 400-406.

Heinz, I. Mettenleiter, M. Härtl, F. Fröhlich, C. Langer, D. 3-D Ladar for Inspection of Real World Environments. In *Proc. of the 5th ISPRS Conference on Optical 3-D Measurement Techniques*, Wien, 1.- 4. Oktober 2001, pp. 10-17.

Meixner, J. Infrastrukturelle Bestandsdokumentation mit Laserscannern. *Seminar Kinematische Messungen auf Strasse und Schiene an der Universität der Bundeswehr München*, Institut für Geodäsie, 17.-19.09.2002.

Mettenleiter, M. Härtl, F. and Fröhlich, C. Imaging Laser Radar for 3-D Modelling of Real World Environments. In *Internat. Conference on OPTO / IRS2 / MTT*, Erfurt, 09-11.05. 2000.

Mettenleiter, M. Härtl, F. Fröhlich, C. *Hochgeschwindigkeits-Laserscanner IMAGER 5003 für die As-Built-Dokumentation*, IAPG, FH Oldenburg, Oldenburg, 1. Februar 2002.

Mettenleiter, M. Stephan, A. Fröhlich, C. Erfassung und Modellierung von 3D-Umgebungen. In *Luhman, Thomas: Nahbereichsphotogrammetrie in der Praxis*, Oldenburg, Wichmann Verlag, pp. 227-230.

Mettenleiter, M. Stephan, A. Fröhlich, C. Erfassung und Modellierung von 3D-Umgebungen IAPG, *FH Oldenburg*, Oldenburg, 01.02.2002.

Stephan, A. Heinz, I. Mettenleiter, M. Haertl, F. Fröhlich, C. Dalton, G. Hines, D. Interactive Modelling of 3D-Environments. In *Proc. of the 11th IEEE Int. Workshop on Robot and Human Interactive Communication (ROMAN2002)*, Berlin, Germany, September 25-27, 2002, pp. 530-535.

Stephan, A. Heinz, I. Mettenleiter, M. Haertl, F. Fröhlich, C. Dalton, G. Hines, G. Laser Sensor for As-Built-Documentation. In *2nd Symposium on Geodesy for Geotechnical and Structural Engineering*, Berlin, 21.-24.05.2002, pp.396-403.

Stephan, A. Mettenleiter, M. Härtl, F. Heinz, I. Fröhlich, C. Die digitale Fabrik- Zukunft oder Realität?. In *IWB Seminarberichte (2002)* 61: Fabrikplanung; München, 20.06.2002.

Würpel, P. Fröhlich, C. Von der As-built Photogrammetrie zum Laser Scanning - Status und Entwicklungstendenzen. In *Int. Intergraph Conf. Process & Power 2000*, 21.02. - 22.02.2000, Bonn, Germany.

Gemeinsame Beiträge

Prassler, E. Bank, D. Kluge, B. Hägele, M. Key Technologies in Robot Assistants: Motion Coordination between a Human and a mobile Robot. In *Korea Institute of Science and Technology (KIST) u. a.: ISR 2001 – Vol.1: Proc. of the 32nd ISR (Int. Symposium on Robotics) in conjunction with IMS 2001, 1st Intelligent Microsystem Symposium*, Seoul/Korea, 19.-21. April 2001.

Prassler, E. Dillmann, R. Fröhlich, C. Grunwald, G. Hägele, M. Lawitzky, G. Lay, K. Stopp, A. von Seelen, W. MORPHA: Communication and Interaction with Intelligent, Anthropomorphic Robot Assistants. In *Tagungsband Statustage Leitprojekte Mensch-Technik-Interaktion in der Wissenschaft*, Oktober 2001, Saarbrücken, Germany.

Prassler, E. Ritter, A.Schaeffer, C. Fioniri P. A short History of Cleaning Robots. In *Autonomous Robots*, special issue on Cleaning and Housekeeping Robots. 9 (3), 2000.

3 Sonstige Highlights (Events, Initiativen, Kooperationen)

Special Session „MORPHA“ bei IEEE Int. Workshop on Robot and Human Interactive Communication ROMAN 2001, Bordeaux-Paris, September 2001.

Special Session „Robot Assistants“ bei IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation ICRA 2001, Seoul, Korea, Mai 2001.

Gründung des Arbeitskreises „Robotertechnologie für Schwerstbehinderte“

Informationsgespräch mit Technologieberatern des deutschen Handwerks

IEEE Int. Workshop on Robot and Human Interactive Communication ROMAN 2002, 25-27.Sept. 2002, Berlin.