

Rückkehr in den Beruf mit Hilfe von Roboterassistenz

Return to profession by means of robot assistance

Dipl.-Math. Torsten Heyer, Prof. Dr.-Ing. Axel Graeser
Institut für Automatisierungstechnik (IAT), Universität Bremen, Bremen, Deutschland
{theyer, ag}@iat.uni-bremen.de

Kurzfassung

In diesem Paper wird ein neues Forschungsprojekt präsentiert, das seit Mitte 2010 am Institut für Automatisierungstechnik (IAT) der Universität Bremen (Deutschland) durchgeführt wird. Eine Person mit Tetraplegie soll mit Hilfe des Assistenzroboters FRIEND die Rückkehr in das Berufsleben ermöglicht werden. Sie soll so die Möglichkeit haben die Aufgaben einer Bibliothekarin auszuüben ohne dafür auf eine persönliche Arbeitsassistenz angewiesen zu sein. Neben den Projektzielen werden die nötigen Schritte erläutert um diese zu erreichen sowie der aktuelle Stand des Vorhabens. Eine Diskussion der bisher aufgetretenen Schwierigkeiten soll den erheblichen begleitenden organisatorischen Aufwand aufzeigen sowie eine Hilfestellung geben für zukünftige Projekte.

Abstract

In this paper a new research project is presented, which was started in the middle of 2010 at the Institute of Automation (IAT) of the University of Bremen (Germany). A person with quadriplegia should be enabled to return to profession by means of the Care-Providing Robot FRIEND. This person should get to perform the tasks of a librarian without being dependent on a personal assistance. Beside the project aims the steps necessary to reach the goal are explained as well as the current state of the project. A discussion of the occurred difficulties should demonstrate the high accompanying organizational effort and should give support for future projects.

1 Einleitung

„Nach dem Grundgesetz ist die Integration behinderter Menschen eine gesellschaftliche Aufgabe, die jeden betrifft („Niemand darf wegen seiner Behinderung benachteiligt werden“, Artikel 3 GG). Ziel einer beruflichen Integration ist es gleichzeitig, die Behinderung zu beheben, auszugleichen oder zu mildern, um den Betroffenen eine gleichberechtigte Teilnahme am gesellschaftlichen Leben zu ermöglichen.“ [1]. Oft werden für behinderte Menschen nur Arbeitsplätze in eigens geschaffenen Werkstätten angeboten und sie haben keine Chance in Ihren ursprünglich erlernten Beruf zurückzukehren. Die Idee bei der Entwicklung des Assistenzroboters FRIEND ist es, körperliche Beeinträchtigungen so weit zu kompensieren, dass die Nutzer in der Lage sind ihre beruflichen Arbeitsbereiche vollständig auszufüllen. In dem hier geschilderten Projekt ReIntegraRob soll einerseits dieser Nachweis geführt werden und andererseits umfangreiche Erfahrung gesammelt werden, welche weiteren Aspekte zusätzlich zu dem Assistenzroboter beachtet werden müssen, damit die dauerhafte Eingliederung in Arbeit, Beruf und Gesellschaft gelingt.

2 Zielsetzung des Projektes

In dem dreijährigen Modellprojekt ReIntegraRob [2], das bereits im Frühjahr 2010 gestartet wurde, soll erstmals ein

schwerbehinderter Mensch mit Hilfe eines Unterstützungsroboters in seinen Beruf zurückkehren. Das Vorhaben wird vom Integrationsamt Bremen finanziert. Das Integrationsamt ist Teil des Versorgungsamtes, das dem Ressort der Bremer Senatorin für Arbeit, Frauen, Gesundheit, Jugend und Soziales zugeordnet ist. Als Assistenzroboter wird der Unterstützungsroboter FRIEND [3] eingesetzt.

Das Projekt wird vom Institut für Automatisierungstechnik (IAT) der Universität Bremen in enger Zusammenarbeit mit der Staats- und Universitätsbibliothek Bremen (SuUB) durchgeführt. Ziel ist der Nachweis, dass Nutzer von FRIEND ihren Arbeitsplatz vollständig ausfüllen können und dass alle notwendigen manipulativen Fähigkeiten am Arbeitsplatz von FRIEND bereitgestellt werden können, ohne dass eine persönliche Arbeitsassistenz notwendig ist. Aufbauend auf Ergebnissen des Projektes AMaRob [4] wurden für das Modellprojekt ReIntegraRob Vorgespräche mit potenziellen Arbeitgebern durchgeführt. Danach wurden drei mögliche Einsatzszenarien als erfolgsversprechend weiter verfolgt, nämlich

- der Einsatz an einem Industriearbeitsplatz in der Werkstatt Bremen, einer Werkstatt für behinderte Menschen.
- der Einsatz an einem Servicearbeitsplatz zur Reparatur elektronischer Baugruppen in einem Rehabilitationszentrum (NRZ Friedehorst).
- der Einsatz an einem Bibliotheksarbeitsplatz (SuUB). Im Projekt AMaRob wurde bereits ein Arbeitsplatz am

Ausgabebetresen der Bibliothek untersucht. Für das Modellprojekt wurde in Diskussion mit der Bibliothek die retrospektive Katalogisierung von Medien im Gemeinsamen Bibliotheksverbund (GBV) mit der Bibliothekssoftware PICA als ein besseres Arbeitsgebiet identifiziert.

Da das dritte Szenario den Einsatz im ersten Arbeitsmarkt bedeutet und diese Aufgabenstellung an vielen Bibliotheken in ähnlicher Form besteht, wurde dieses Szenario für das Modellprojekt ausgewählt.

Das Projekt wird begleitet von einem interdisziplinären Konsortium bestehend aus industriellen Partnern, Pflegekräften, Kostenträgern, dem Behindertenbeauftragten des Bundeslandes Bremen sowie behinderten Personen, die ihre Erfahrung in das Projekt einbringen.

Der Nachweis, dass behinderte Personen, die normalerweise vollständig auf persönliche Unterstützung angewiesen sind und dadurch praktisch vom Arbeitsleben ausgeschlossen werden, nun mit FRIEND in der Lage sind einen Arbeitsplatz auszufüllen, eröffnet vielfältige Nutzungsmöglichkeiten der Forschungsergebnisse. Dies ist einerseits der Einsatz des FRIEND Systems bei einer großen Anzahl von Arbeitsplätzen mit behinderten Personen und andererseits können Teillösungen, die in diesem Projekt erarbeitet werden, für Personen mit ähnlichen Behinderungen eingesetzt werden.

Durch eine Begleitung durch den Integrationsfachdienst soll außerdem untersucht werden, welche Einflussfaktoren zu Akzeptanzproblemen bei Kollegen und Kunden führen könnten – und welche vorausschauend einsetzbaren Maßnahmen diese Akzeptanzprobleme verringern können.

Das Forschungsvorhaben greift ein aktuelles Thema der Service- und Unterstützungsrobotik auf, für das inzwischen aufgrund der in der letzten Zeit erzielten Fortschritte marktfähige Lösungen möglich werden. Mit dem Nachweis, dass behinderte Personen, die derzeit aufgrund ihrer Behinderung nahezu vom Berufsleben ausgeschlossen sind, mit FRIEND ihren Arbeitsplatz eigenständig ausfüllen können, wird ein wichtiger Einwand gegen den Einsatz behinderter Menschen beseitigt und es wird bewiesen, dass sie „nach einer anfänglichen Integrations- und Orientierungsphase in den meisten ihrer beruflich zugewiesenen Arbeitsbereiche voll leistungsfähig sind und ihren Kollegen in nichts nachstehen“ [1].

3 Der Unterstützungsroboter FRIEND

Der Unterstützungsroboter FRIEND (*Functional Robot arm with user-friENdly interface for Disabled people*, siehe **Bild 1**) wurde in diversen Forschungsprojekten [5, 6] am IAT an der Universität Bremen entwickelt mit dem Ziel, ältere und behinderte Personen in den Aufgaben des täglichen Lebens zu unterstützen und eine Reintegration ins Berufsleben zu ermöglichen. Das System soll Personen, die zum Beispiel aufgrund eines Unfalls, eines Schlaganfalls oder anderer Ursachen querschnittsgelähmt

sind, in die Lage versetzen viele Aufgaben im täglichen Leben wieder selbstbestimmt und ohne fremde Hilfe durch Pflegepersonal durchzuführen. Die Entwicklung von FRIEND wurde durch ein interdisziplinäres Konsortium bestehend aus Technikern, Designer sowie Therapeuten und weiteren Vertretern verschiedener Interessengruppen beeinflusst. Neben all den technischen Aspekten wurden dabei auch Designaspekte sowie Erfahrungen der Therapeuten aus der täglichen Anwendung berücksichtigt, so dass ein ansprechendes Gesamtsystem entstand und nicht einfach eine Komposition von Einzelkomponenten.



Bild 1 Der Unterstützungsroboter FRIEND (Foto: Frank Pusch/IAT).

Der Assistenzroboter FRIEND besteht aus einem elektrischen Rollstuhl als Plattform, in den eine Reihe zusätzlicher Komponenten integriert wurden. Ein Roboterarm (Manipulator) mit sieben Freiheitsgraden und einem Greifer ermöglicht es auch einem vollständig gelähmten Nutzer Objekte in der Umgebung zu greifen und zu manipulieren. Der Roboterarm ist auf einem Schwenkarm befestigt, so dass der Arm in einer Parkposition hinter den Sitz fixiert werden kann um die Breite des Rollstuhls nicht zu erhöhen und ein Durchfahren enger Passagen zu gewährleisten. Über dem Kopf des Benutzers befindet sich ein Stereokamerasystem, um Informationen aus der Umgebung aufzunehmen und zu greifende Objekte zu erkennen. Da ein Assistenzroboter aufgabengemäß nicht in komplett vordefinierten und bekannten Umgebungen arbeitet, sind die Objektpositionen nicht im Voraus bekannt. Das System muss diese Informationen während der Ausführung erst über die Kamera erfassen. Um eine Rundumsicht zu erhalten, ist

das Kamerasystem auf einem Schwenk-Neige-Kopf montiert. Vor dem Benutzer befindet sich ein kleiner TFT-Monitor, über den dem Benutzer vom System Informationen zur Verfügung gestellt werden. Gesteuert werden alle Komponenten über eine Rechneinheit, die auf der Rollstuhlplattform hinter dem Benutzer angebracht ist. Als Eingabe- bzw. Bediengeräte für den Benutzer stehen verschiedene Geräte zur Auswahl: Kinnjoystick, Handjoystick, Spracheingabe sowie Brain-Computer-Interface (BCI) [7]. Die Art des Eingabegerätes muss an die Einschränkungen des Benutzers angepasst werden. FRIEND ist auch in der Lage über Infrarot- oder Funkverbindungen mit automatisierten Objekten in der Umgebung zu kommunizieren, z.B. um über eine Automatisierungseinheit eine Kühlschrankschranktür zu öffnen oder zu schließen. Automatisierte Umfeldsysteme erlauben es, die Komplexität der Robotersteuerung gering zu halten.

FRIEND ist ein Assistenzroboter mit geteilter Autonomie. Dieser Begriff besagt, dass sowohl das Automatisierungssystem als auch der Nutzer die Steuerung übernehmen können. Diese Form der Steuerung wurde gewählt um die Komplexität des Automatisierungssystems zu begrenzen, die Zuverlässigkeit zu erhöhen und um auch vollkommen unerwartete Aufgaben beherrschen zu können. Dazu werden die kognitiven Fähigkeiten des Benutzers immer dann genutzt, wenn das System selbst nicht mehr in der Lage ist die Aufgabe autonom zu erfüllen. Der Wechsel in der Verantwortung für die Durchführung einer Aufgabe kann sowohl von dem System als auch vom Nutzer ausgelöst werden. Benutzereingriffe werden unter anderem angefordert, wenn bei der Ausführung einer Aufgabe ein Fehler passiert (z.B. ein Objekt wird nicht richtig über die Bildverarbeitung erkannt), und der Nutzer wird aufgefordert dem System weitere Informationen zu geben (z.B. das Markieren eines Zielobjektes im aktuellen Kamerabild), bevor dann der Computer die Kontrolle wieder übernimmt und mit der autonomen Ausführung fortfährt. Diese geteilte Autonomie oder auch semi-autonome Herangehensweise führt zu einer geringeren und damit heute beherrschbaren Komplexität des Gesamtsystems.

Die Aufgaben werden vom Benutzer über die Mensch-Maschine-Schnittstelle ausgewählt und auf einer abstrakten Ebene gestartet (z.B. „*Koche eine Mahlzeit*“, „*Schenke ein Getränk ein*“). Nach einer Kalibrierung [8] und initialen Umgebungserfassung [9] wird die Aufgabenplanung [10] gestartet und eine Liste von elementaren Operationen wird erzeugt, die die aktuelle Situation in die gewünschte Zielsituation überführen und dann anschließend vom System autonom ausgeführt werden können. Diese elementaren Operationen bestehen zum Beispiel aus Bildverarbeitungsmethoden [11] um bestimmte Objekte in der Umgebung zu erkennen oder aus manipulativen Algorithmen [12] um eine bestimmte Bewegung für den Roboterarm mit anschließendem Greifen eines Objektes zu berechnen und auszuführen. In der Regel werden diese einzelnen Operationen sequentiell verknüpft und autonom vom System ausgeführt.

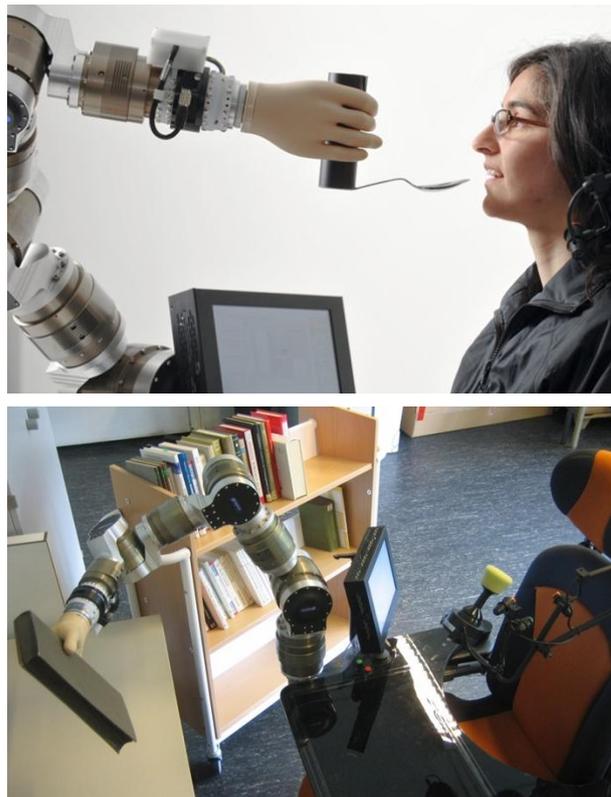


Bild 2 FRIEND im Alltagsszenario (oben, © Frank Pusch/IAT) und im Bibliotheksszenario (unten).

In den vergangenen Projekten wurden bereits diverse Szenarien mit Hilfe von FRIEND erfolgreich realisiert. Es wurde der Nachweis erbracht, dass mit Hilfe von FRIEND für die Nutzer mindestens 90 Minuten Unabhängigkeit von Pflegepersonen erreicht werden können. Dabei wurden drei Einsatzszenarien untersucht und für Testzwecke realisiert (Beispiele siehe **Bild 2**):

- Ein Alltagsszenario, bei dem es um das Zubereiten, Aufwärmen und Anreichen einer Mahlzeit geht.
- Ein berufliches Szenario am Servicetresen der Bibliothek, d.h. die Ausgabe und Rücknahme von Büchern und alle damit in Zusammenhang stehenden Tätigkeiten, die auch viele manuelle Tätigkeiten beinhalten.
- Ein berufliches Szenario in einer Elektrowerkstatt, bei dem es um die optische und elektronische Kontrolle von Telefongastaturen geht, die in geringer Stückzahl angeliefert werden und systematisch zu prüfen sind, wobei die Untersuchung der Tastaturen stellvertretend für eine ganze Anzahl ähnlicher Aufgaben steht.

4 Arbeitspakete / Aktueller Stand

Bevor das Projektziel von ReIntegraRob jedoch erreicht werden kann, müssen noch eine ganze Reihe von Aufgaben gelöst werden. Nachfolgend sind in Kürze die einzelnen Arbeitspakete beschrieben, sowie jeweils der aktuelle Stand.

4.1 Einrichtung des Arbeitsplatzes

Der ausgewählte Bibliotheksarbeitsplatz zur Retrokatalogisierung¹ von Büchern umfasst grob die folgenden Tätigkeiten:

- Greifen eines Buches vom Bücherwagen
- Ablegen des Buches
- Aufschlagen der Seiten mit wichtigen Bibliotheksinformationen
- Eingabe der Daten in die Bibliothekssoftware
- Ggf. Umblättern
- Schließen des Buches
- Zurückstellen des Buches auf den Bücherwagen

Die Mitarbeiterin wird im FRIEND Rollstuhl sitzen und alle Eingaben für die Retrokatalogisierung vornehmen. Der Roboterarm von FRIEND erfüllt alle notwendigen manipulativen Aufgaben. Er greift das nächste Buch und legt es vor dem Benutzer auf den Schreibtisch auf eine geeignete Buchhalterung. Die Manipulation des Buches (Öffnen, Umblättern der Seiten, Schließen) kann durch den Roboter vorgenommen werden. Um aber die Komplexität der Robotersteuerung gering zu halten, wird ein einfaches, eigens entwickeltes Buchmanipulationssystem eingesetzt, das diese Aufgaben übernimmt.

Die Bibliothekssoftware PICA zur Katalogisierung von Büchern im GBV läuft auf einem separaten Computer. Alle zur Katalogisierung notwendigen Daten werden per Sprachsteuerung eingegeben. Nach der Katalogisierung greift der Roboterarm das Buch wieder und legt es auf dem Bücherwagen ab und fährt anschließend mit dem nächsten Buch fort.

4.1.1 Bedienung des FRIEND Systems

Die behinderte Person wird FRIEND mit Hilfe des am System integrierten Kinnjoysticks bedienen. Die möglichen Aufgaben, die FRIEND ausführen kann, werden dem Nutzer über die Mensch-Maschine-Schnittstelle auf dem Monitor am System gezeigt. Die Steuerung des Kinnjoysticks wurde so modifiziert, dass der Nutzer damit wahlweise sowohl den Rollstuhl selbst als auch den Mauszeiger auf dem Monitor bewegen kann, so dass die gewünschte

Aufgabe „Hole Buch vom Bücherwagen“ ausgewählt werden kann.

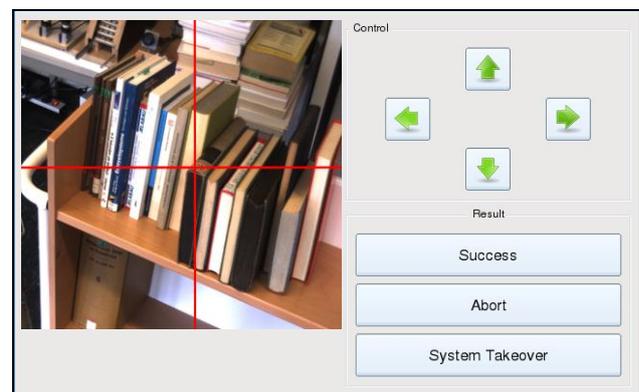
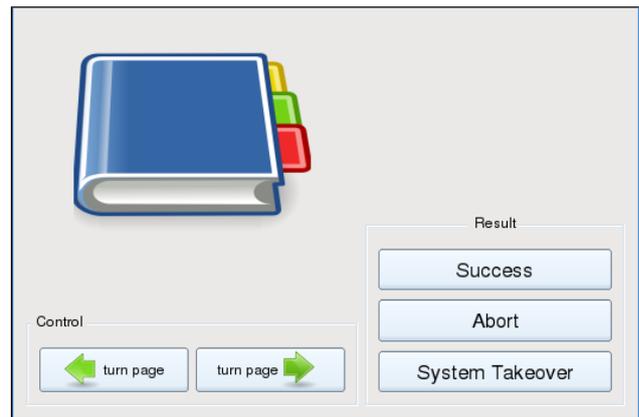


Bild 3 Realisierte Benutzerinteraktionen für die Katalogisierung.

Da die Benutzerschnittstelle und der Kinnjoystick zur Mausnavigation so bereits in den vorangegangenen Projekten benutzt und fertig gestellt wurden, sind hier lediglich geringe Anpassungen an die neue Aufgabenstellung nötig. Es müssen nach jetzigem Stand lediglich zwei neue Benutzerinteraktionen entwickelt werden:

- Eine Benutzerinteraktion, mit der der Nutzer das Buchmanipulationssystem bedienen und z.B. eine Seite vor oder zurückblättern kann.
- Eine Benutzerinteraktion, um ein Buch mit Hilfe eines Fadenkreuzes im aktuellen Kamerabild zu markieren, was nötig ist, falls durch die Bildverarbeitung keine automatische Erkennung möglich ist.

Erste Entwürfe dieser beiden Benutzerinteraktionen wurden bereits realisiert und sind im **Bild 3** dargestellt.

¹ Retrokatalogisierung: „Als Retrokatalogisierung bezeichnet man die Überführung konventioneller (Karten-) Kataloge in das maschinenlesbare Format der Online-Kataloge“ [13].

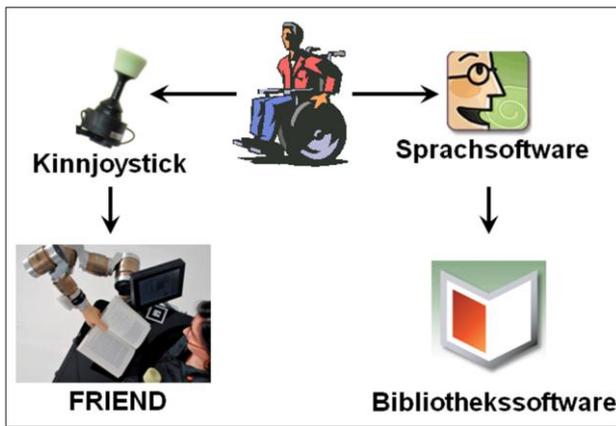


Bild 4 Steuerung der einzelnen Komponenten durch den Nutzer.

4.1.2 Sprachsoftware

Um die Katalogisierungsdaten in die Bibliothekssoftware einzugeben und den Computer zu bedienen, wird Sprachsoftware (Dragon NaturallySpeaking©, [14]) genutzt. Um einen reibungslosen Ablauf sowie eine hohe Erkennungsrate zu gewährleisten, muss die Sprachsoftware durch den Anwender trainiert werden. Der Einsatz der Software ist bereits soweit fortgeschritten, dass eine vollständig autonome Bedienung des Computers einschließlich der Bibliothekssoftware selbst durch die behinderte Person möglich ist und Bücher katalogisiert werden können. In diesem Bereich ist also die anfänglich noch nötige Arbeitsassistenz nicht mehr erforderlich und es ist bereits schon jetzt eine selbstständige Arbeitsweise möglich. Tests mit der Sprachsoftware haben darüber hinaus gezeigt, dass sogar eine höhere Arbeitsgeschwindigkeit als bei manueller Eingabe über die Tastatur erreicht werden kann. Lediglich das jeweils zu katalogisierende Buch muss, sofern nicht elektronisch verfügbar, noch manuell durch die Arbeitsassistenz bereitgelegt werden. Später soll dann dieser Arbeitsvorgang durch FRIEND übernommen werden, so dass die behinderte Person bezüglich der Arbeitsvorgänge vollkommen unabhängig ist.

Die Bedienung der einzelnen Komponenten ist als Übersicht grafisch in **Bild 4** dargestellt.

4.1.3 Buchhalterung und Umblätternhilfe

Auf dem Markt gibt es bereits eine Vielzahl verschiedener Lesehilfen und Buchhalterungen für ältere und behinderte Menschen sowie Apparaturen, um Buchseiten umzublättern, die auf einen möglichen Einsatz hin untersucht wurden. Für das Modellprojekt ist eine Buchhalterung und Umblätternhilfe nötig, in die das Buch mit Hilfe des Roboterarms eingelegt werden kann. Alle verfügbaren Systeme entsprachen nicht den notwendigen Anforderungen, so dass wie oben bereits erwähnt der Entwurf einer eigenen notwendig wurde.

4.2 Sicherheitssystem für das System und den Arbeitsplatz

Sicherheit ist in diesem Projekt eines der wichtigsten Arbeitspakete überhaupt, da zu jedem Zeitpunkt garantiert sein muss, dass die behinderte Person keinerlei Gefahr ausgesetzt ist. Dazu wurde ein umfangreiches, mehrstufiges Sicherheitskonzept für FRIEND entwickelt.

Es gibt verschiedene Arten von Fehlern, die auftreten können und ohne Sicherheitskonzept unter Umständen zu einem Sicherheitsrisiko für den Nutzer werden könnten. Selbst bei einem Fehler muss sichergestellt werden, dass das System in einen für den Nutzer sicheren Zustand überführt wird und kein weiteres Sicherheitsrisiko besteht.

Aufgrund des semi-autonomen Konzeptes sind viele in der industriellen Robotik verwendeten Sicherheitsmaßnahmen hier nicht einsetzbar und zurzeit gibt es noch keinen weltweiten Sicherheitsstandard für Assistenzroboter.

Um die Gefährdungen für den Nutzer zu reduzieren ist ein systematisches Konzept bei der Realisierung notwendig [15, 16]. Es gilt dabei verschiedene Kategorien von Fehlern zu unterscheiden, die je nach Schwere unterschiedliche Maßnahmen nach sich ziehen und auf unterschiedlichen Ebenen behandelt werden.

4.2.1 Fehler bei der Ausführung

Sollte ein Algorithmus einen Fehler liefern, z.B. weil ein bestimmtes Objekt in der Umgebung nicht richtig erkannt wurde oder aber die Bewegung für den Roboterarm nicht geplant werden konnte, wird der aktuelle Algorithmus gestoppt und basierend auf dem Konzept der geteilten Autonomie vom System eine Anfrage an den Nutzer gestartet, um das System zu unterstützen. D.h. der Nutzer kann nun selbst entscheiden, was zu tun ist, und ggf. den Roboterarm manuell zu seinem Ziel bewegen oder aber die aktuelle Ausführung abbrechen und von vorne starten.

4.2.2 Softwarefehler

Trotz umfangreicher Tests sind Softwarefehler nie auszuschließen und führen zu einem Fehlverhalten der laufenden Programme. Um solche Fehler zu erkennen und abzufangen, wurden in allen Ebenen der Steuerungssoftware Sicherheitsabfragen eingebaut, die im Fehlerfall mit entsprechenden Maßnahmen quittiert werden. Wenn zum Beispiel die Kommunikationsverbindung zu anderen Modulen (z.B. Hardware-Geräten) abreißt, wird automatisch ein Wiederaufbau der Verbindung gestartet, sofern das möglich ist. Ansonsten wird das betreffende Programm beendet und eine entsprechende Fehlermeldung in das Protokoll eingetragen, die dann analysiert werden kann.

4.2.3 Hardwarefehler

Hardwarefehler führen dazu, dass die betreffenden Komponenten nicht mehr in der gewünschten Weise reagieren. Solche Fehler haben dann in der Regel Fehlermeldungen in der Software zur Folge, wenn Informationen an die Module gesendet bzw. von ihnen entgegen genommen werden. Dadurch können die meisten Fehler schon auf der

Ebene der Steuersoftware abgefangen und entsprechend protokolliert und behandelt werden. Da Hardwarefehler normalerweise nicht softwaretechnisch zu lösen sind, ziehen sie fast immer einen Abbruch der zugehörigen Steuerprogramme nach sich.

Zusätzlich ist am Greifer ein Kraftmomentensensor montiert, mit dem Kräfte und Momente zwischen dem Greifer und dem Roboterarm gemessen werden können. Das ist hilfreich um unvorhergesehene Kollisionen des Roboterarms mit Umgebungsobjekten, z.B. aufgrund eines fehlerhaften Modells oder eines unbekanntes Hindernisses, sofort zu detektieren und mit einem Zurückbewegen zur letzten sicheren Position oder einem sofortigen Stopp des Armes zu reagieren.

4.2.4 Watchdog

Um einen teilweisen oder vollständigen Ausfall des Rechners zu erkennen, wird das System von außen durch eine Watchdog-Elektronik überwacht. Sobald ein kritischer Zustand von dem Watchdog erkannt wird, führt das zu einer Trennung des Roboterarms von der Versorgungsspannung. Das stellt sicher, dass sich der Roboterarm nicht unkontrolliert weiterbewegt, wenn der Rechner keine Kontrolle mehr über ihn hat.

4.2.5 Laserscanner

Als letzte Stufe um die Sicherheit des Nutzers zu garantieren wurde ein Laserscanner am FRIEND montiert, der eine strikte Trennung des Nutzerbereiches vom Roboterbereich vornimmt. Sobald der Roboterarm in den Nutzerbereich eindringt. z.B. aufgrund von fehlerhafter Steuerung oder aufgrund eines Hardwarefehlers, wird der Laserscanner ausgelöst und der Roboterarm sofort von der Versorgungsspannung getrennt, was einen sofortigen Stillstand bewirkt.

4.2.6 Not-Aus / Angepasste Robotergeschwindigkeit

Außerdem hat der Nutzer durch das Drücken eines Not-Aus-Knopfes zu jeder Zeit die Möglichkeit die Bewegung des Roboterarmes sofort zu stoppen. Der Not-Aus wird so in die Kopfstütze integriert werden, dass er vom Nutzer, falls nötig, leicht zu erreichen ist.

Um die Sicherheit zu erhöhen und dem Nutzer mehr Zeit für eine Reaktion zu geben, wird die Bewegungsgeschwindigkeit des Roboterarmes von der Entfernung zum Nutzer abhängig gewählt. Dafür wurden verschiedene Zonen um den Nutzer definiert, zum Beispiel eine für den Roboter verbotene Zone (der Bereich, wo sich der Nutzer befindet) und eine Warnzone (Pufferzone um den Nutzerbereich herum). Sobald der Roboter die Warnzone erreicht, wird die Geschwindigkeit des Armes stark verlangsamt, beim Erreichen der verbotenen Zone wird er sofort vollständig gestoppt, um den Nutzer nicht zu gefährden.

4.2.7 Sicherheits-Checkliste

Um einen sicheren Anfangszustand von FRIEND zu garantieren, wurde basierend auf umfangreichen Tests eine

Sicherheits-Checkliste entwickelt. In dieser Liste ist jeder einzelne Schritt aufgelistet, der nötig ist, um das System beim Start-Up in einen sicheren Zustand zu bringen. Sollte ein Punkt der Sicherheits-Checkliste nicht erfüllt sein, sind dort nötige Handlungen beschrieben, wie der sichere Zustand wiederhergestellt werden kann. Die Sicherheitsliste wurde so ausführlich wie nötig, aber so einfach wie möglich gehalten und mit Grafiken versehen, so dass auch nicht-technische, aber in FRIEND eingewiesene Personen wie etwa das Pflegepersonal FRIEND in diesen sicheren Zustand überführen können.

Um sicherzustellen, dass auch alle Punkte der Checkliste abgearbeitet werden, ist jeder Punkt mit einer kurzen Beschreibung des Soll-Zustandes versehen. Die betreffende Person, die das System startet, muss den Ist-Zustand dokumentieren, diesen mit dem Soll-Zustand vergleichen und die Übereinstimmung quittieren.

4.3 Festlegung und Implementierung der notwendigen Systemfunktionalität

Um die persönliche Arbeitsassistenten durch FRIEND zu ersetzen und alle nötigen Handlungen am vorgesehenen Arbeitsplatz zu erreichen, müssen für FRIEND neue Systemfunktionalitäten entwickelt und bereits vorhandene modifiziert werden. Auch muss die gesamte Handlungskette für diesen speziellen Einsatz von FRIEND entwickelt werden, so dass der Nutzer eine Reihe von abstrakten Befehlen zur Verfügung hat, z.B. „Hole das Buch vom Bücherwagen“ oder „Lege das Buch auf die Buchhalterung“. Low-Level-Befehle zur Steuerung des Roboterarms über die Bedienerchnittstelle (z.B. „Bewege den Greifer 3 cm nach links“) bleiben in der Bedienerchnittstelle vorhanden.

4.3.1 Bildverarbeitung

Die Bildverarbeitung muss in der Lage sein, den Bücherwagen und die einzelnen Bücher auf dem Bücherwagen sicher zu erkennen. Da die Bildverarbeitung die Daten für die Bewegung des Roboterarms liefert, sind robuste und zuverlässige Algorithmen notwendig, die unter verschiedensten Umgebungsbedingungen eine genaue Erkennung und 3D-Rekonstruktion der Objekte ermöglichen.

Um die im Vergleich zu anderen Objekte sehr kleinen Bücher sicher mit dem FRIEND Greifer greifen zu können und auch kleine Fehler in der Erkennung auszugleichen, wurde auf dem Greifer eine Handkamera montiert, die die Feinannäherung an das zu greifende Buch auf dem Bücherwagen steuert.

4.3.2 Manipulation

Auch die manipulativen Algorithmen wie die Berechnung einer geeigneten Trajektorie für den Roboterarm müssen an die neuen Objekte angepasst werden und es müssen, gegenüber den zuvor betrachteten Szenarien, neue Greiftechniken entwickelt werden, damit ein Buch vom Bücherwagen sicher und zuverlässig gegriffen und auf der Buchhalterung abgelegt werden kann.

Um die Bücher gut und sicher greifen und manipulieren zu können, wurde die ursprünglich in FRIEND verwendete Handprothese durch einen Zweifingergreifer mit zwei parallelen flachen Greifbacken ersetzt. Zusätzliche Sensorik wird noch auf die Greifbacken aufgebracht werden, um weitere Informationen darüber zu erhalten, ob das Buch sicher gegriffen wurde und um ein Rutschen des Buches zu erkennen.

4.4 Auswahl des Nutzers und Anpassung des FRIEND Systems

Die Auswahl eines geeigneten Benutzers stellte ebenfalls eine zentrale Aufgabe für das Modellprojekt dar. Zusammen mit der Bibliothek wurden ein Stellenprofil für das Modellprojekt verfasst, das schnell zwei miteinander konkurrierende Gesichtspunkte zutage treten ließ. Zum einen war eine behinderte Person gesucht, die auf den Assistenzroboter FRIEND angewiesen ist, und zum anderen war die Bibliothek an einer Person interessiert, die bereits die notwendigen Vorkenntnisse im Bereich der Katalogisierung mitbringt, im besten Fall einen gelernten Bibliothekar bzw. eine gelernte Bibliothekarin. Das Stellenprofil wurde bundesweit über die Zentrale Auslands- und Fachvermittlung (ZAV) - Arbeitgeberservice Schwerbehinderte Akademiker der Bundesagentur für Arbeit in Bonn veröffentlicht. Potentiell geeignete Personen wurden auch direkt von der ZAV kontaktiert und es wurden gezielt Personen und Gesellschaften angesprochen, bei denen vermutet wurde, dass sie interessierte BewerberInnen kennen könnten.

Eine weitere implizite Bedingung war, dass das Projekt in Bremen durchgeführt werden muss, da nur am IAT die notwendige Personalkapazität vorhanden ist um die Entwicklungen durchzuführen. Es wurde relativ schnell deutlich, dass ein Festhalten an allen Forderungen des Stellenprofils und des Ortes zu keiner Lösung bei der Suche führen würde, weshalb die Bedingungen angepasst wurden. Da für einen Einsatz von FRIEND gezielt nach einer Person mit Querschnittlähmung gesucht wurde, waren hier Änderungen im Profil nicht möglich. Die bibliothekarischen Anforderungen wurden geändert, da die SuUB bereit war einen geeigneten Kandidaten für eine Katalogisierung zu schulen und die nötigen Kenntnisse zu vermitteln.

Über die ZAV kam schließlich der Kontakt zu der jetzigen Mitarbeiterin zustande, die an dem Modellprojekt sehr interessiert ist und für die Mitarbeit auch einen Umzug nach Bremen in Kauf nahm.

Mit der Auswahl der Bewerberin konnten auch alle notwendigen Anpassungen an FRIEND geplant werden, die es der Nutzerin ermöglichen einen Arbeitstag in FRIEND zuzubringen. Dafür mussten geeignete Zurüstteile bestellt und am FRIEND System montiert werden.

4.5 Test und Langzeitnachweis der Funktionalität

Die Schulung der Nutzerin erfolgt durch die SuUB in den Räumen des IAT, so dass die Entwickler von FRIEND unmittelbar mit der Bewerberin zusammenarbeiten kön-

nen. Sobald der Arbeitsplatz am IAT vollständig aufgebaut und das Szenario in allen Aspekten zusammen mit der Nutzerin umfangreich getestet ist, wird der Arbeitsplatz direkt in der SuUB eingerichtet werden, so dass die behinderte Person dann dort in realer Umgebung arbeiten kann. Damit verbunden wird dann der Langzeitnachweis der entwickelten Funktionalitäten durchgeführt werden, der als Basis für ähnliche Reintegrationen behinderter Personen in das Berufsleben angesehen werden kann.

5 Schwierigkeiten

Im ersten Jahr dieses Modellprojektes sahen wir uns mit diversen Problemen und Schwierigkeiten bei der Reintegration einer schwerstbehinderten Personen in das Berufsleben konfrontiert, die wir hier kurz erläutern wollen, um sowohl einen Überblick über den notwendigen Aufwand zu geben als auch für zukünftige Projekte hilfreiche Anhaltspunkte und Hinweise zu erarbeiten. Dabei soll hier vorausgeschickt werden, dass durchweg alle Institutionen, Einrichtungen und Personen, mit denen wir in dem Projekt zusammenarbeiten, von dem Projekt begeistert sind und uns jegliche Unterstützung und Hilfestellung, die ihnen möglich ist, gewähren. Trotzdem wurde der gesamte Prozess durch verschiedene Dinge teilweise erheblich behindert und zeitlich verzögert. Es sollen dabei weder auf einzelne Personen noch auf Institutionen gedeutet werden. Die Aufstellung soll lediglich zeigen, dass die gegenwärtigen Strukturen für diese Projekte nicht geeignet sind und es werden Änderungen vorgeschlagen um zukünftig ähnliche Vorhaben zu erleichtern.

5.1 Finden eines geeigneten Nutzers

Das Finden und die Auswahl eines geeigneten Nutzers für das Modellprojekt war nicht nur aufgrund der Anforderungen des Stellenprofils schwierig. Die geringe Resonanz (letzten Endes war die ausgewählte Person die einzige ernsthafte Bewerberin) verdeutlicht, dass zwischen einer Interessenbekundung und der wirklichen Bewerbung viele Vorbehalte in Betracht gezogen werden müssen.

In späteren Gesprächen mit der Bewerberin sowie Therapeuten, Ärzten und anderen Behinderten haben sich dafür mehrere mögliche Gründe herauskristallisiert:

- Da wie in unserem Fall mit der Einstellung ein Umzug nach Bremen verbunden war, scheuen sich viele diese Hürde zu nehmen und aus ihrer gewohnten und bekannten Umgebung in eine neue zu ziehen. Was schon für gesunde Personen schwierig ist, ist für schwerbehinderte eine Vielfach höhere Herausforderung, da in der Regel die gesamte Pflegeassistenz umgestellt werden muss und die auf Assistenz angewiesene Person ihren gesamten Betreuungskreis neu aufbauen muss.
- Viele Personen (Bekannte, Therapeuten, ...) im Umfeld der Behinderten reagieren mit Skepsis und manchmal auch mit Unverständnis auf die Pläne wieder ins Berufsleben zurückzukehren. Dass sie aber oftmals „eine gleichberechtigte Teilnahme am gesell-

schaftlichen Leben“ [1], also auch am Berufsleben wollen und nur „auf eine entsprechende Chance warten“ [1], ist für viele unverständlich. Es wird eher der Eindruck vermittelt, dass Behinderte lieber zu Hause bleiben und sich mit ihrer Krankheit abfinden sollten. Dass das aber keine richtige Erfüllung ist, vergessen dabei viele. Dieses Feedback hält viele behinderte Personen davon ab, solch einen Schritt überhaupt in Erwägung zu ziehen. Selbst unserer Bewerberin wurde, als sie sich längst entschieden hatte, vielfach dieses Unverständnis entgegen gebracht.

- Hinzu kommt noch der finanzielle Aspekt. Vor ihrem Umzug war die Bewerberin mehrere Jahre als arbeitslos gemeldet und hat ihr Geld vom Jobcenter (Miete, Krankenversicherung, Geld zum Leben, ...) und dem Sozialamt (Hilfe zur Pflege) erhalten. In Bremen erhält sie durch die Rückkehr ins Berufsleben nun einen Verdienst, der natürlich auf die Unterstützung durch das Jobcenter angerechnet wird, so dass am Ende von dem Geld nur ein kleiner Teil zusätzlich zu dem bisherigen zum Leben übrig bleibt.

Trotz all dieser Schwierigkeiten konnten wir die Bewerberin für das Projekt gewinnen. Sie selbst sagt dazu: „Endlich kann ich mit meinen Kräften und meinem Vermögen etwas Sinnvolles zur Gesellschaft beitragen - sinnvoll im Sinne von Nutzen für die Bibliothek und deren Nutzer. Geld ist mir dabei nicht wichtig. Wichtig ist für mich eine Auseinandersetzung mit geistigen Dingen statt mich nur mit dem Alltäglichen zu beschäftigen. Sprache und Bücher finde ich sowieso super und ich kann in dieser Arbeit mein früher erlerntes Korrekturverständnis für Sprachen und Literatur gut einbringen. Mir macht die Mitarbeit in diesem Projekt sehr viel Spaß und ich freue mich jeden Morgen, wenn ich zur Universität fahre. Ich hatte lange nicht viel für Ingenieure übrig, aber als ich meine Arme irgendwann nicht mehr bewegen konnte, war ich froh, dass es technische Errungenschaften gab, die ich nutzen konnte. Seitdem habe ich ihre Arbeit schätzen gelernt und freue mich, dass ich in dem Projekt mitarbeiten darf.“

5.2 Umzug

Ein besonderes Handicap war auch der Umzug nach Bremen und die damit verbundene Suche nach einer geeigneten Wohnung und neuer Pflegeassistenten. Um die Bürden für die behinderte Person so gering wie möglich zu halten, war es nötig den gesamten Umzug inklusive Ab- und Wiederaufbau der Möbel an einem Tag durchzuführen, da ansonsten eine Unterbringung in einem anderen Bett nötig wäre, was aufgrund der Behinderung schwierig ist.

Das Finden einer geeigneten Wohnung in Bremen stellte sich aufgrund begrenzten Angebots und gesetzlicher Bestimmungen bezüglich Mietobergrenzen als äußerst schwierig dar. Als Rollstuhlfahrerin steht ihr in Bremen nur eine 2-Zimmer-Wohnung mit maximal 60 m² und festgelegter Mietobergrenze zu. Die schließlich gefundene Wohnung verletzte einige dieser Rahmenbedingungen. Aufgrund der vielen Hilfsmittel, die die Bewerberin als

Behinderte benötigt und die dementsprechend auch Platz in Anspruch nehmen (Stehstuhl, hochfahrbares Bett, Duschstuhl, ...), wurde nach einer zeitintensiven Einzelfallprüfung die Wohnung dennoch genehmigt.

Da ein Umzug der Pflegeassistenten nicht möglich war, musste sich die Bewerberin in Bremen neue Personen suchen. Diese mussten natürlich erst angeleitet werden und sich mit der behinderten Person ebenso vertraut machen wie anders herum. Gegenüber laut ihrer Aussage „paradiesischen Verhältnissen“ in ihrer Heimatstadt boten sich ihr in Bremen in den ersten Wochen teilweise „katastrophale Zustände“.

5.3 Bürokratischer Aufwand

Durch Aufwand in den beteiligten Institutionen und da es sich um ein Modellprojekt ohne Vorläufer handelt, wurden viele an sich einfache Vorgänge deutlich verlangsamt.

- Im einleitendem Zitat hieß es: „Damit die dauerhafte Eingliederung in Arbeit, Beruf und Gesellschaft nicht an der Finanzierung scheitert, ist durch eine Reihe von Gesetzen die Förderung aus öffentlichen Mitteln sichergestellt“ [1]. Das klingt einerseits sehr positiv. Da es sich dann aber um den Einsatz öffentlicher Mittel handelt, muss andererseits bei jeder notwendigen Anschaffung, (z.B. Sprachsoftware, Rollstuhlbau, ...) ein Antrag auf Übernahme der Kosten gestellt werden. Dieser Antrag muss fachlich und finanziell geprüft und entschieden werden. Dabei ist immer wieder die Information über das Projekt für neue Sachbearbeiter zu leisten. Erst wenn der Zuwendungsbescheid vorliegt, können die notwendigen Bestellungen vorgenommen werden. Allein durch diese ganze Verfahren und vor allem dann, wenn der Antrag durch mehrere Instanzen bearbeitet werden muss, können mehrere Monate vergehen.
- Formale Unstimmigkeiten sowie Unklarheit über die Entgeltgruppe zwischen den Personalräten der Universität und der Bibliothek verzögerten die Ausstellung des Vertrages. Die Stellenbezeichnung musste festgelegt werden sowie der Rahmen bzw. die gesetzliche Grundlage für die Stelle gelegt werden. Für beide Seiten war das Wohl der Bewerberin das primäre Ziel. Der Personalrat der Universität war daran interessiert, dass für die Bewerberin eine gute Betreuung während der Arbeit sicher gestellt ist und hat gemäß den gesetzlichen Regelungen eine Entgeltgruppe vorgeschlagen. Der Personalrat der Bibliothek wollte, dass die Bewerberin in der Entgeltgruppe nicht schlechter gestellt ist als andere Mitarbeiter in der Bibliothek mit vergleichbaren Tätigkeiten und plädierte für eine Anhebung der Entgeltgruppe. Bis eine Einigung erzielt wurde, die für die Bewerberin die bestmögliche Lösung darstellte, wurde die endgültige Entscheidung mehrfach in den Sitzungen vertagt, so dass erst wenige Tage vor dem Arbeitsbeginn ein fertiger Vertrag vorlag.
- Dann gab es auch Entscheidungsprozesse, die sich gegenseitig behindert haben. Zum Beispiel wollte die zu-

ständige Wohnungsbaugesellschaft vor Abschluss eines Mietvertrages einen unterschriebenen Arbeitsvertrag vorgelegt haben. Dieser verzögerte sich, wie oben dargestellt. Letztendlich wurden an vielen Stellen nach intensiver Überzeugungsarbeit die normalen Regeln großzügig ausgelegt um das Projekt zu unterstützen und voranzutreiben.

6 Vorläufiges Fazit / Ausblick

Die oben beschriebenen Hürden sind alle genommen, haben aber zu einer erheblichen Verzögerung des Projektes geführt, so dass der für Herbst 2011 geplante Wechsel des gesamten Arbeitsplatzes in die Bibliothek zeitlich verschoben werden muss.

Um die bürokratischen Hürden in Zukunft leichter überwinden zu können, ist es unserer Ansicht nach sinnvoll dass es in der Behörde für jeden einzelnen Fall einen speziellen Ansprechpartner geben muss, der den Fall in allen Aspekten durch die einzelnen Instanzen begleitet und betreut. Dieser „kurze Dienstweg“ würde zu erheblichen Vereinfachungen, mehr Handlungsspielraum und schnelleren Entscheidungsprozessen führen. Gerade zeitlich begrenzte Forschungsprojekte können sonst in erhebliche Schwierigkeiten geraten, die auch ein Scheitern des Projektes nach sich ziehen könnten.

Andererseits lässt sich auch feststellen dass nur mit der Begeisterung der direkt Betroffenen und aller Beteiligten in Institutionen und Behörden der jetzige Projektstand möglich war. Dafür danken wir allen Beteiligten ausdrücklich, insbesondere Herrn Torsten Prenner (ZAV Bonn), der den ersten Kontakt zur Bewerberin hergestellt hat, sowie Frau Christina Stabel (ZAV Bonn), die das Stellenangebot für die Bewerberin betreut hat. Darüber hinaus hat sie den Kontakt zu den verschiedenen Einrichtungen der Bundesagentur für Arbeit für uns aufgebaut und uns mit dem nötigen Wissen über die gesetzlichen Rahmenbedingungen versorgt. Außerdem danken wir Frau Andrea Danz und Frau Katja Graf (beide Universität Bremen), die sich um die gesamten Personalangelegenheiten für die Einstellung der Bewerberin gekümmert haben.

7 Literatur

- [1] Website der Bundesagentur für Arbeit: www.arbeitsagentur.de/nn_8148/Dienststellen/RD-N/Schwerin/AA/Buerger/Menschen-mit-Behinderung/Arbeitnehmer-Informationen-Eingliederung-Behinderter.html (13.10.2011)
- [2] ReIntegraRob-Website: www.iat.uni-bremen.de/sixcms/detail.php?id=1268 (13.10.2011)
- [3] FRIEND-Website: www.friend4you.eu (13.10.2011)
- [4] AMaRob-Website: www.amarob.de (13.10.2011)
- [5] Ivlev, O., Martens, C., Gräser, A.: Rehabilitation robots FRIEND-I and FRIEND-II with the dexterous lightweight manipulator, In Restoration of Wheeled Mobility in SCI Rehabilitation, 2005

- [6] Martens, C., Prenzel, O., Gräser, A.: The Rehabilitation Robots FRIEND-I & II: Daily Life Independence through Semi-Autonomous Task-Execution, Rehabilitation Robotics, 2007, I-Tech Education Publishing, Wien, Österreich, ISBN 978-3-902613-01-1
- [7] Valbuena, D., Lüth, T., Cyriacks, M.: Control of a Semi-autonomous Rehabilitation Robotic System via BCI, in BRAINROBOT: Methods and Applications for Brain Computer Interfaces, 2010, A. Gräser and I. Volosyak, Eds. Aachen: Shaker Verlag, Kap. 15, S. 161-174
- [8] Heyer, T., Grigorescu, S. M., Gräser, A.: Camera Calibration for Reliable Object Manipulation in Care-Providing Robot FRIEND, In Proceedings of ISR/ROBOTIK Conference, München, Deutschland, 2010
- [9] Heyer, T., Gräser, A.: Semi-Autonomous Initial Monitoring for Context-Aware Task Planning, In Proceedings of International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics (AIM), Budapest, Ungarn, 2011
- [10] Martens, C.: Teilautonome Aufgabenbearbeitung bei Rehabilitationsrobotern mit Manipulator – Konzeption und Realisierung eines softwaretechnischen und algorithmischen Rahmenwerkes, PhD Dissertation, Universität Bremen, Fachbereich 1: Physik / Elektrotechnik, Shaker Verlag GmbH, Deutschland, 2007
- [11] Grigorescu, S. M., Ristic-Durrant, D., Gräser, A.: ROVIS – ROBust machine VIsion for Service robotic system FRIEND, In Proceedings of International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), St. Louis, USA, 2009
- [12] Fragkopoulos, C., Gräser, A.: A RRT based Path Planning Algorithm for Rehabilitation Robots, In Proceedings of ISR/ROBOTIK Conference, München, Deutschland, 2010
- [13] Fachinformation im Internet, Georg-Simon-Ohm Fachhochschule Nürnberg, <http://www.ohm-hochschule.de/fileadmin/Bibliothek/Schulungsunterlagen/glossar.pdf> (13.10.2011)
- [14] Nuance-Website: www.nuance.de (13.10.2011)
- [15] Fotoohi, L., Gräser, A.: Building a Safe Care-Providing Robot, 2011, Proceedings on 12th IEEE International Conference on Rehabilitation Robotics - ICORR'11, Zürich, Schweiz
- [16] Fotoohi, L., Gräser, A.: A Supervisory Control Approach for Safe Behavior of Service Robot, Case Study: FRIEND, 2010, Proceedings on 25th ACM Symposium on Applied Computing, Sierre, Schweiz