

Software für eine Rolltisch-/Rollstuhlsteuerung über WLAN mit optionalem Einsatz eines Roboterarms

Von David Greve

Kurzfassung

Die Menschen werden immer älter. Wegen der dadurch entstehenden Probleme bei der Betreuung dieser wird man, da nicht genügend Personal für die Pflege dieser Menschen vorhanden ist, langfristig auf technische Lösungen ausweichen müssen. Fahrzeuge in Häusern, die mit einem Minimum von Einsatz von Personal Menschen oder Dinge transportieren, werden sicher in der Zukunft etabliert.

Ich habe deshalb auf Basis eines Rollstuhles, den man auch zu einem Rolltisch mit z.B. einem Roboterarm einfach umbauen kann, eine Software entwickelt, die die manuelle und automatische Steuerung des Rolltisches/-stuhles über WLAN erlaubt.

Der Rolltisch/-stuhl lässt sich entweder durch Drücken von Buttons nach rechts, links, vorwärts oder rückwärts manuell steuern, oder durch Auswahl eines Ortes selbständig sofort oder zu einer festlegbaren Zeit (der PC kann sich vorher auch im Ruhezustand befinden) zu dem ausgewählten Ort fahren.

Die Positionsbestimmung im Raum für den Rolltisch/-stuhl erfolgt mithilfe von Strichcodes. Meine Software kann spezielle Strichcodes in bestimmter Anordnung erzeugen und ausdrucken. Für die manuelle Steuerung über WLAN habe ich alternativ auch eine Software für den Pocket PC entwickelt. Der Roboterarm wird über WLAN manuell gesteuert. Am Rolltisch/-stuhl befinden sich u.a. 2 Webkamas und 2 Entfernungssensoren, die auch durch meine Software gesteuert werden.

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung.....	1
Einleitung	2
Hardware des Rollstuhls.....	2
Rollstuhlsteuerung	2
Die Kamas.....	5
Die Entfernungssensoren	5
Einlesen der Strichcodes	5
Roboterarm	6
Software für Ansteuerung des Rolltisch/-stuhls, Strichcode-Scanners, der Entfernungssensoren und Webkamas	6
Bedienung	6
Aufbau der Software	7
Handsteuerung	7
Kamas	7
Entfernungssensoren	8

Simulation	8
Roboterarm	8
Not aus	9
Software für Handsteuerung via Pocket PC (Geräte mit Windows Mobile 5.0)	9
Bedienung	9
Software zur Erstellung von Strichcode-Bahnen	10
Aufbau der Strichcode-Bahnen	10
Bedienung	11
Automatisches Fahren mithilfe der Strichcode-Bahnen in der Steuerungsanwendung	12
Sofortiges Fahren zu einer gewünschten Station	12
Zeitgesteuertes Fahren zu Stationen	13
Scannereinstellungen	14
Diskussion	14
Danksagung	15
Bildnachweis	15
Literaturverzeichnis	15

Einleitung

Die Überalterung unserer Gesellschaft gewinnt immer mehr an Bedeutung. Notwendige Dienstleistungen im Pflegebereich können durch die zunehmende Personalknappheit und die damit verbundenen Kosten langfristig nicht mehr garantiert werden. Mein Projekt „Software für eine manuelle und automatische Rolltisch-/Rollstuhlsteuerung über WLAN mit zusätzlichem Einsatz eines Roboterarms“ könnte vielleicht ein Anstoß dazu sein, mit vorhandenen Mitteln Lösungen für dieses Problem zu entwickeln.

Hardware des Rollstuhls

Rollstuhlsteuerung

Glücklicherweise konnte ich auf einem Flohmarkt einen alten **Rollstuhl** vom Typ Impuls der Firma Ortopedia, die von der Firma Meyra übernommen wurde, erwerben. Leider konnte die Firma Meyra wegen des hohen Alters des Rollstuhls nicht die Daten von der gesamten Steuerelektronik zur Verfügung stellen, sodass ich diese nicht direkt über einen PC ansteuern konnte. Deshalb habe ich am oberen Ende des Joysticks eine quadratische Einfassung aus Eisen befestigt (siehe Abbildung 3). Jede Seite kann durch einen **Hubmagneten** angezogen werden, sodass der Joystick in alle Richtungen bewegt werden kann (siehe Abbildung 3). Die Hubmagnete vom Typ TDS-16A von der Firma EBE werden durch eine **Relaiskarte** von der Firma AK-Modul-Bus von dem Notebook auf dem Rollstuhl/-tisch aus gesteuert (siehe Abbildung 2).

Sowohl die Hubmagnete als auch die Relaiskarte sind an einen 12V-Bleiakku angeschlossen (siehe Abbildung 2).

Das Notebook stellt einen Server dar, während die Computer, die nicht am Rolltisch/-stuhl angeschlossen sind und auf dieses Notebook zugreifen (auch der Pocket PC) Clients sind. Die Clients tauschen mit dem Server über WLAN und das TCP (Transmission Control Protocol) - ein Protokollstandard zur verbindungsorientierten Datenübertragung - Daten aus, um z.B. den Rolltisch/-stuhl zu steuern.

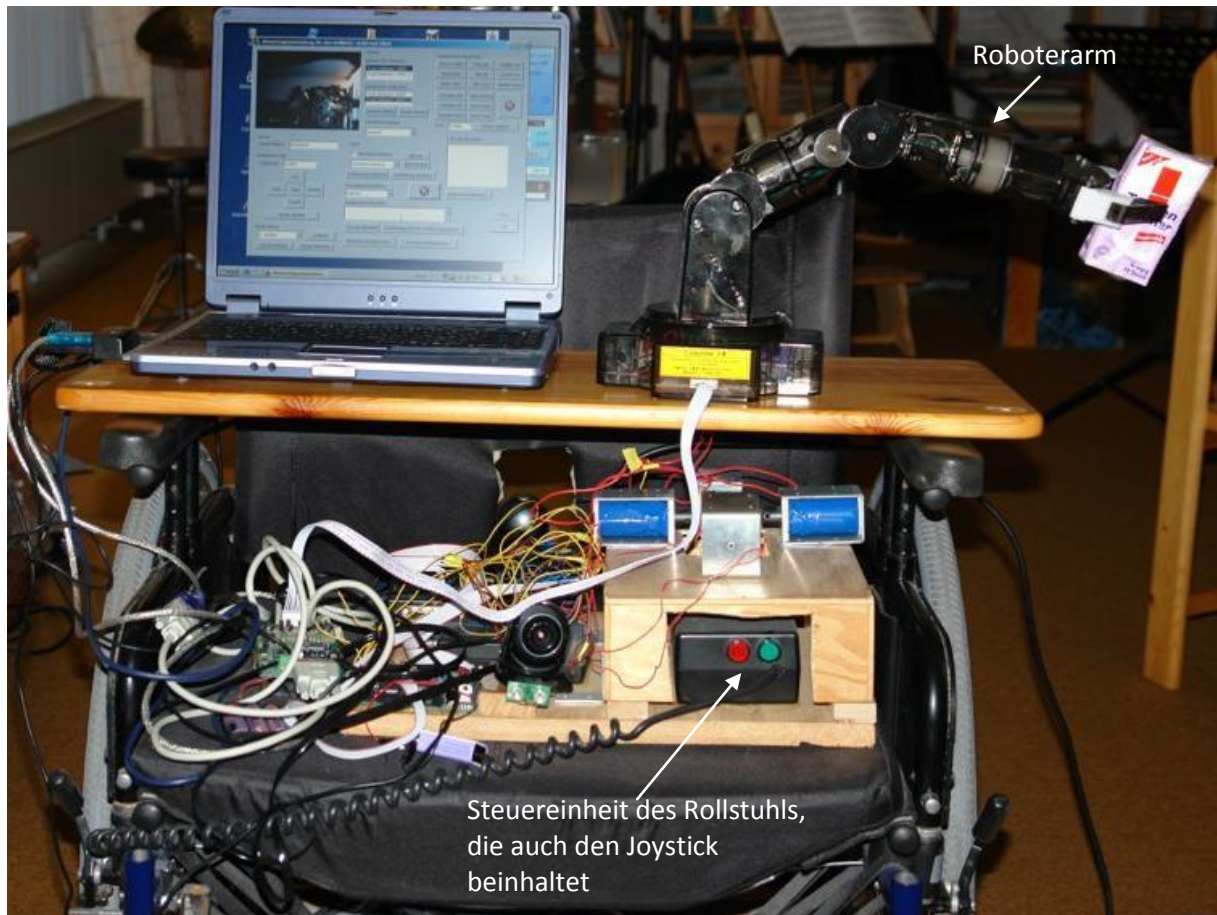


Abbildung 1: Gesamtansicht

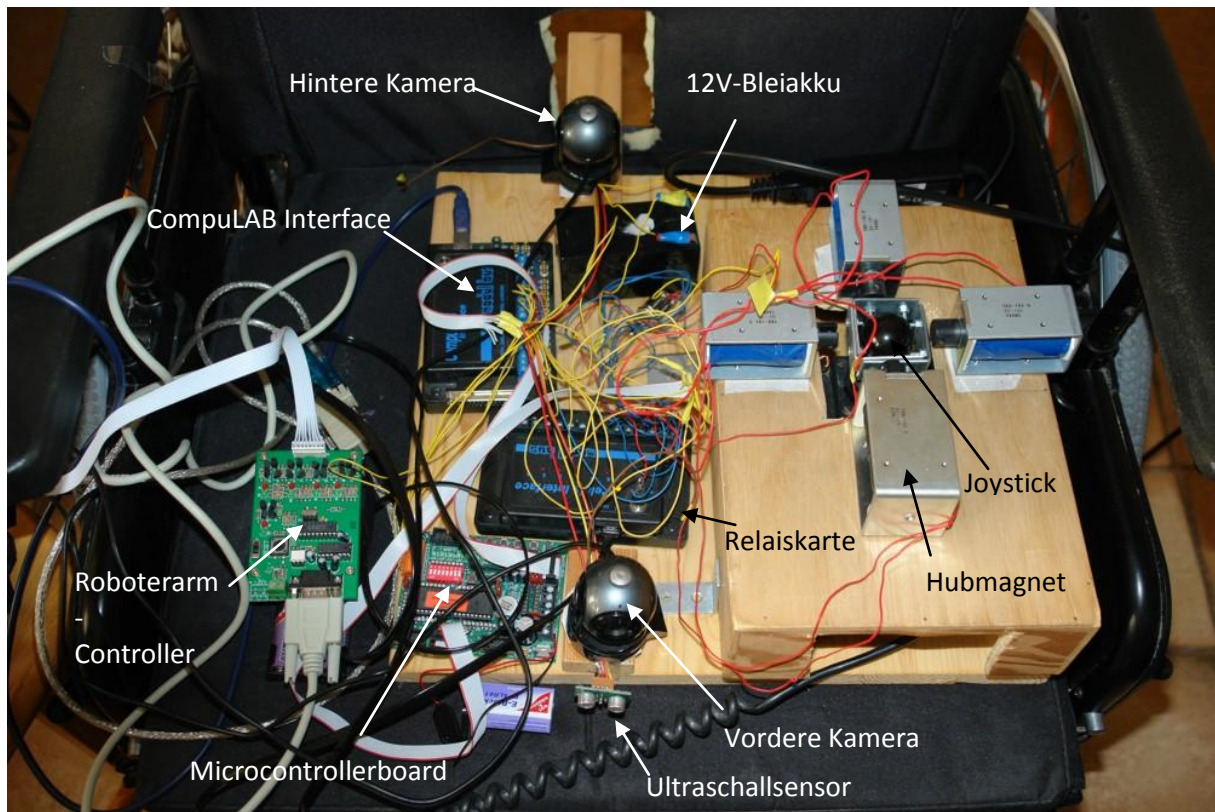


Abbildung 2: Das Innenleben des Rollstuhls

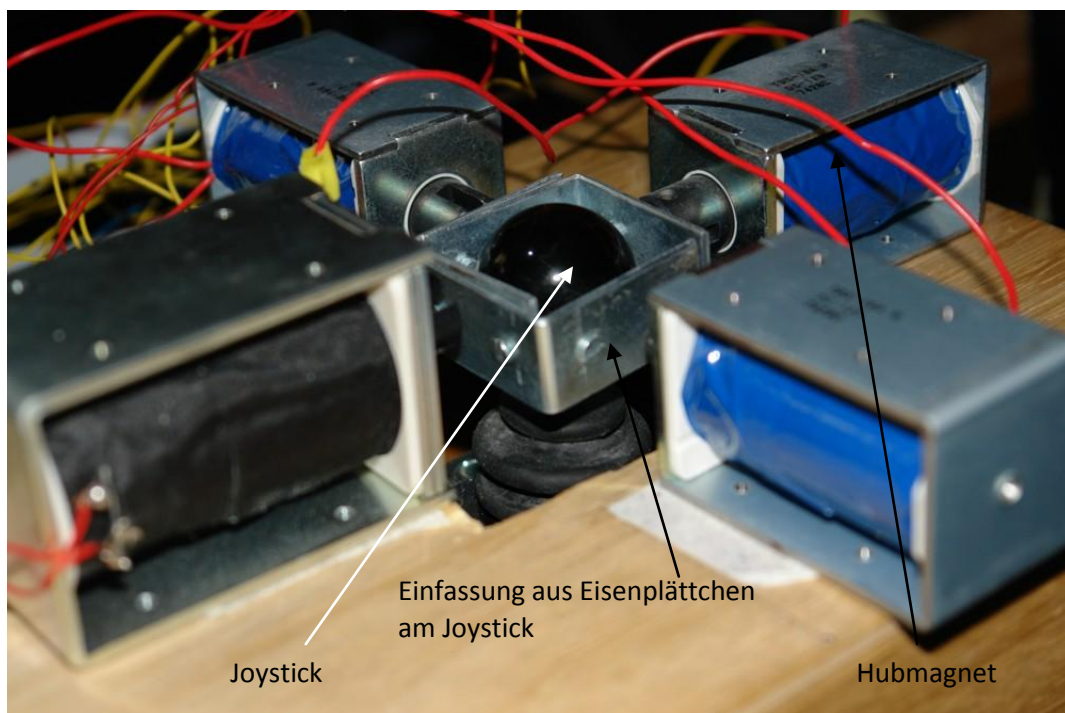


Abbildung 3: Hubmagnete am Joystick

Die Kameras

Am Notebook vom Rollstuhl, auf dem eine 32-Bit-Version von Windows Vista läuft, sind **zwei USB-Webkameras** und das CompuLAB-Interface von der Firma AK-Modul-Bus für die Entfernungssensoren angeschlossen (siehe Abbildung 2). Die Kameras dienen dem Anwender zur Überwachung des Fahrweges des Rolltisches/-stuhles und des Roboterarms (siehe Kapitel „Roboterarm“), wenn sie nicht direkt im Blickfeld des Betrachters sind.

Die Entfernungssensoren

Über das CompuLAB-Interface (siehe Abbildung 2) sendet das Notebook Signale an das Microcontrollerboard RN-Control 1.4. Der Microcontroller empfängt über den I2C-Bus Signale von den **beiden Entfernungssensoren** (jeweils vom Typ SRF10). Die Entfernungssensoren (jeweils vorne und hinten am Rollstuhl angebracht, siehe Abbildung 2) dienen dazu, den Rollstuhl automatisch anzuhalten, wenn ein gewisser Sicherheitsabstand zu Gegenständen nicht eingehalten wird.

Einlesen der Strichcodes

Zum Einlesen der Strichcodes wird ein **USB-Laser-Handscanner** der Firma Metrologic benutzt. Dieser liest die Strichcodes ein, die jeweils einer bestimmten Position des Rollstuhlfahrweges zugeordnet sind (siehe Abbildung 4).

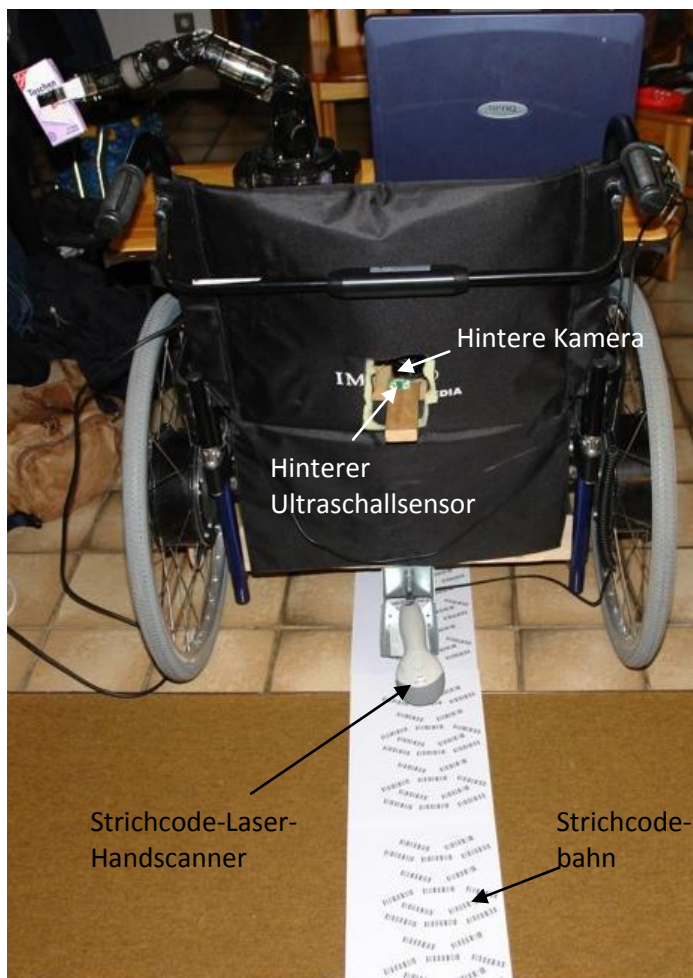


Abbildung 4: Der Rollstuhl von hinten

Roboterarm

Der **Roboterarm** „Movit Robot Arm MR-999E“ (siehe Abbildung 1) wird über die serielle Schnittstelle unter Verwendung des Controllers „MRAI-999HB“ angesteuert (siehe Abbildung 2). Er ist über einen Seriell-zu-USB-Adapter an das **Notebook** angeschlossen.

Software für Ansteuerung des Rolltisch-/stuhls, Strichcode-Scanners, der Entfernungssensoren und Webkameras

Bedienung

Um den Handsteuerungsserver zu starten, kann man zuerst den COM-Port (Bezeichnung der seriellen Schnittstelle, z.B. COM1) der Relaiskarte im Feld „COM-Port“ eingeben, danach im Feld „Simulation/Hardware“ Hardware auswählen und erst dann auf „Server starten“ klicken. Um auf einen bereits gestarteten Server zuzugreifen, muss man im Feld „Server-Name“ den Rechnernamen des Servercomputers eingeben. Danach kann man den Rollstuhl/-tisch in beliebige Richtung steuern.

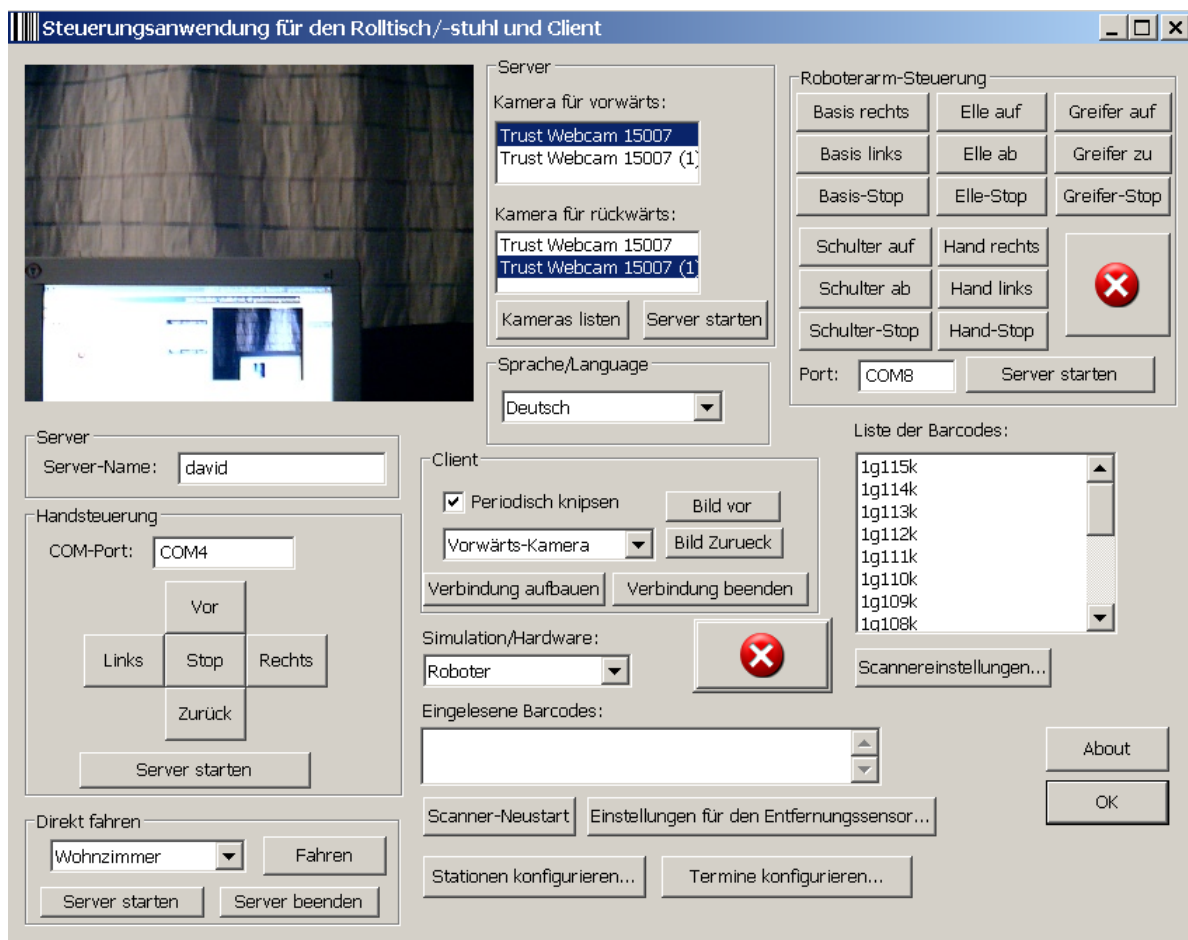


Abbildung 5: Server, Client für Windows XP/Vista und Steuerungssoftware

Auf dem Server kann man zwei angeschlossene Kameras nach Klick auf „Kameras listen“ auswählen und die Bilder von diesen dann auf dem Client abrufen. Zuerst muss der Benutzer aber sicherstellen, dass im Feld „Server-Name“ der Rechnername des Steuerungscomputers eingestellt ist. Um ein Bild anzeigen zu lassen, muss man zuerst auf „Verbindung aufbauen“ klicken. Danach kann man entweder manuell Bilder der 1. oder 2. Kamera abrufen oder von einer Kamera periodisch Bilder abrufen.

Den Roboterarmserver kann man nach Eingabe des COM-Ports (Bezeichnung der seriellen Schnittstelle, z.B. COM2) des Roboterarmes durch Klick auf die Schaltfläche „Server starten“ in der Gruppe „Roboterarm-Steuerung“ starten. Nach Eingabe des Rechnernamens des Steuerungscomputers in das Feld „Server-Name“ kann man durch Klick auf die verschiedenen Buttons der Roboterarm-Steuerung den Roboterarm bewegen. Man kann alle Aktionen des Roboterarmes durch Klick auf den Not-Aus-Button stoppen.

Aufbau der Software

Die Software habe ich mit der Entwicklungsumgebung Microsoft Visual Studio 2005 in der Programmiersprache C++ entwickelt. Auf dem Steuerungsnotebook laufen insgesamt fünf Server, die von einem beliebigen Rechner im Heimnetzwerk über einen Client (PC, Notebook, Pocket PC) Signale erhalten können. Zu diesen fünf Servern zählen

- Server zum direkten Fahren (siehe Unterabschnitt „Sofortiges Fahren zu einer gewünschten Station“ in Abschnitt „Automatisches Fahren mithilfe der Strichcode-Bahnen in der Steuerungsanwendung“)
- Handsteuerungsserver
- Kameraserver
- Server für die Steuerung des Roboterarms
- und der Server für ein „Not aus“.

Ich werde in den folgenden Kapiteln diese und die restliche Software detaillierter beschreiben. Die doppelten Anführungszeichen bei der Beschreibung der Server-Protokolle werden nicht mit gesendet.

Man kann die Software in folgende Module unterteilen:

Handsteuerung

Mit meiner Handsteuerung lässt sich der Rollstuhl/-tisch durch einen Client-PC per Mausclick steuern. Eine Hilfe dabei können die beiden an dem Steuerungsnotebook (Server) angeschlossenen USB-Kameras sein (siehe Abschnitt „Kameras“).

Der Server lauscht auf dem TCP-Port 2346 und erhält die Zeichenkette „1“ für das Fahren nach links, „2“ für rechts, „3“ für vorwärts, „4“ für Stop und „5“ für rückwärts.

Kameras

Die Bilder, die eine wählbare der 2 Kameras aufnimmt, werden in meiner Clientsoftware angezeigt.

Der Kameraserver läuft auf dem Steuerungsnotebook und sendet je nach empfangenem Kommando, das als eine Zeichenkette übermittelt wird, ein Bild der 1. Kamera („1“) oder ein Bild der 2. Kamera („2“). Er lauscht auf TCP-Port 3457. Die Bilder werden im JPEG-Format übertragen.

Man kann bei meinem Serverprogramm auswählen, welche zwei an dem Notebook angeschlossenen Kameras benutzt werden sollen.

Entfernungssensoren

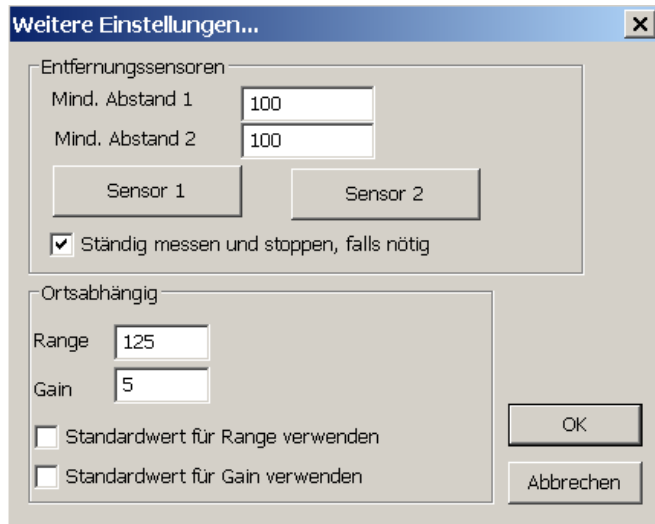


Abbildung 6: Weitere Einstellungen für die Entfernungssensoren

Die Entfernungssensoren vom Typ SRF10 sind an das Microcontrollerboard RN-Control 1.4 angeschlossen. Dieses erhält die Signale und sendet die Messwerte (Entfernungen) der Sensoren an das CompuLAB Interface, welches am Steuerungsnotebook über USB angeschlossen ist. Mein Programm erhält die Messwerte über das CompuLAB Interface und wertet sie aus.

Der Rollstuhl/-tisch stoppt automatisch, wenn eine bestimmte Entfernung (in cm) unterschritten wurde. Diese Entfernung kann man in meiner Steuerungssoftware einstellen und auch die Messung vollständig ausschalten.

Die ortsabhängigen Werte „Gain“ und „Range“ kann man ebenfalls in einem Editierfeld einstellen. Die Werte dienen dazu, weitere Echos in kleinen Räumen oder Räumen mit vielen großen Gegenständen herauszufiltern.

Simulation

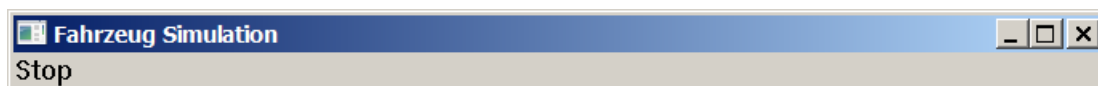


Abbildung 7: Simulation

Man kann in der Steuerungssoftware einstellen, ob man die reale Hardware benutzen möchte oder eine Simulation. Bei letzterer erscheint ein kleines rechteckiges Fenster, das den aktuellen Zustand aussagt, z.B. „Vorwärts mit Geschwindigkeit 100“ oder „Stop“.

Roboterarm

Der Server für die Roboterarmsteuerung lauscht auf TCP-Port 4568 und wird mit folgenden Kommandos gesteuert, die als Zeichenkette übermittelt werden:

Basis	Rechts: „1“	Links: „2“	Stop: „3“
Schulter	Auf: „4“	Ab: „5“	Stop: „6“
Ellenbogen	Auf: „7“	Ab: „8“	Stop: „9“
Handgelenk	Rechts: „10“	Links: „11“	Stop: „12“
Greifer	Auf: „13“	Zu: „14“	Stop: „15“
Not-Aus	„99“		

Auf dem Client kann man den Roboterarm durch Buttons steuern.

Not aus

Der Not aus-Server lauscht auf TCP-Port 9889 und stoppt das Fahrzeug (Rollstuhl oder Simulation), wenn er die Zeichenkette „0“ erhält. Aus Sicherheitsgründen läuft er unabhängig von den anderen Servern, denn falls der Handsteuerungsserver zum Stoppen nicht gestartet ist, kann dann trotzdem das Fahrzeug zum Halten gebracht werden.

Software für Handsteuerung via Pocket PC (Geräte mit Windows Mobile 5.0)

Die Software für die Handsteuerung via Pocket PC (mit dem Betriebssystem Windows Mobile 5.0) habe ich mit der Entwicklungsumgebung Microsoft Visual Studio 2005 in der Programmiersprache C# entwickelt.

Bedienung

Der Rollstuhl/-tisch kann durch 5 Schaltflächen in alle Richtungen ferngesteuert werden (siehe Abbildung 8). Den Namen vom Server, der sich am Rollstuhl/-tisch befindet, stellt man in einem Textfeld ein.

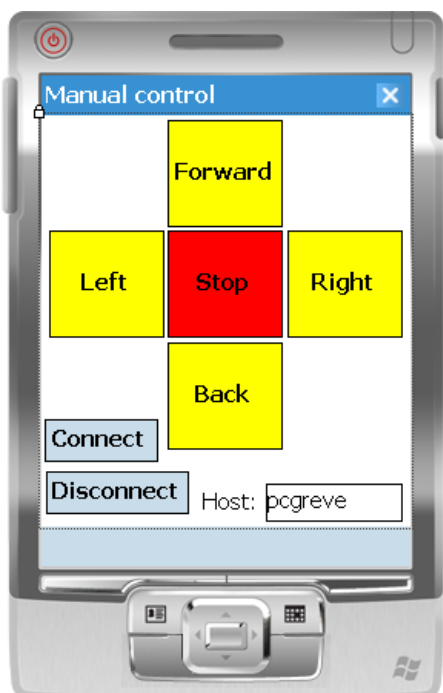


Abbildung 8: Pocket-PC Screenshot

Software zur Erstellung von Strichcode-Bahnen

Die Software habe ich in der Programmiersprache C# entwickelt.

Aufbau der Strichcode-Bahnen

Da zur Positionsbestimmung in Räumen, um - besonders in privaten Haushalten - automatisches Fahren zu ermöglichen, ein GPS-System, ein Schienenleitsystem oder Mustererkennung durch eine Kamera (wegen der nicht ausreichenden Erkennungsrate durch z.B. Lichtfaktoren) nicht infrage kommt, habe ich mich für die Positionsbestimmung durch Strichcodes entschieden.

Dafür habe ich eine separate Software zum Generieren der Strichcodes entwickelt.

Die Strichcodes sind in Bahnen in einem bestimmten Muster angeordnet, sodass auch Abweichungen des Fahrzeuges, d.h. wenn die Strichcodes an den Positionen 0, 2, 3 und 4 (siehe Abbildung 10) eingelesen werden, nach links oder rechts korrigiert werden können. Die Korrektur von Abweichungen des Rollstuhls während des Fahrens habe ich bei diesem Projekt aus Zeitgründen nur ansatzweise behandelt, ist aber für das vollautomatische Fahren im Raum, also das selbstständige Fahren von Position A nach B, nötig.



Abbildung 9: Musterstrichcode

Ein Strichcode (vom Typ Code39) wie in Abbildung 9 hat folgendes Format:

1G100K

Die 1 bedeutet die Position in der Anordnung, die aus 5 Strichcodes besteht. Der geneigte Strichcode links oben (siehe Abbildung 10) zeigt den Strichcode an der Position 0, der mittlere Strichcode steht an Position 1, der rechte geneigte an Position 2, der untere geneigte linke an Position 3 und der rechte untere an Position 4.

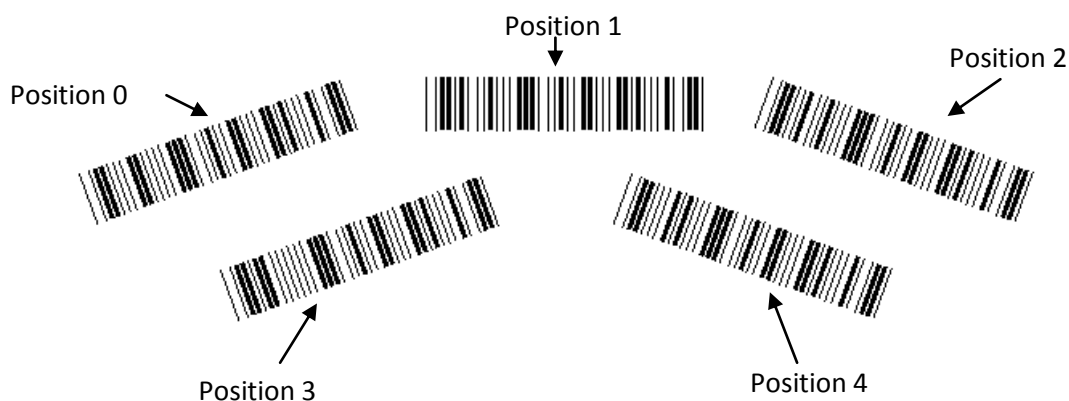


Abbildung 10: Eine mögliche Anordnung von Strichcodes

Der nächste Buchstabe ist der Raumkennbuchstabe. Er zeigt an, in welchem Raum sich der Rollstuhl im Moment befindet.

Die nächsten drei Ziffern stellen eine eindeutige Kennziffer (ID) für jede Strichcodeanordnung dar. Sie ist immer dreistellig und beginnt ab 100 und endet bei 999. Es sind also pro Raum 900 Strichcodeanordnungen möglich = 4500 Strichcodes. Da 26 Raumbuchstaben möglich sind, kann es höchstens in einem Haus 117 000 Strichcodes geben.

Danach folgt, nur als Erweiterungsmöglichkeit für die Steuerungssoftware implementiert, ein Buchstabe um zu erkennen, ob sich der Rollstuhl an einer Abzweigung befindet.

Der Buchstabe K bedeutet hier „Keine Abzweigung“ und der Buchstabe „A“ Abzweigung. In meinem Programm zum Generieren der Strichcodes ist der Modus „Keine Abzweigung“ fest einprogrammiert, lässt sich aber leicht ändern.

In der zweiten Anordnung von oben in Abbildung 11 sind die Barcodes an den Positionen 0 und 2 gegen den Uhrzeigersinn gedreht. Wenn der Rollstuhl aus der Gegenrichtung kommt und abweicht, lässt sich durch die Strichcodes in der zweiten Anordnung auch seine Abweichung feststellen.

Bedienung

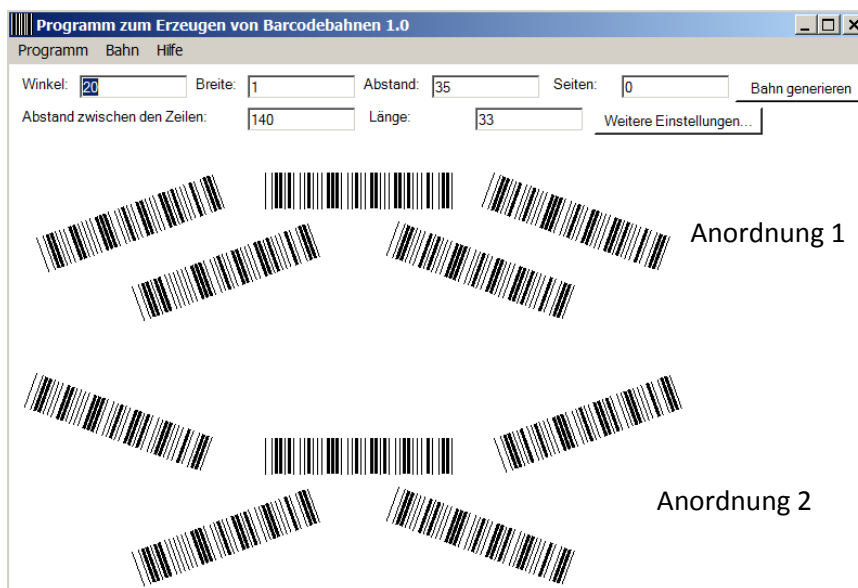


Abbildung 11: Programm zum Generieren von Strichcode-Bahnen

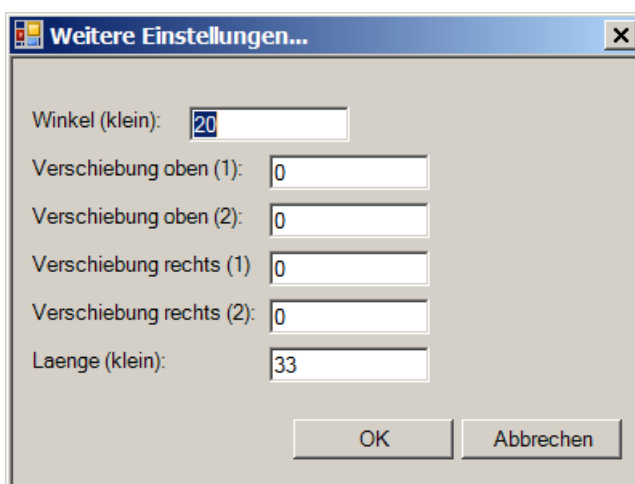


Abbildung 12: Weitere Einstellungen

Im Programm zum Generieren der Strichcodes kann man verschiedene Einstellungen verändern:

- Der Neigungswinkel der großen Strichcodes an den Positionen 0-2 (s. Abbildung 11, Editierfeld „Winkel“)

- Die Breite der Strichcodes (s. Abbildung 11, Editierfeld „Breite“)
- Den Abstand zwischen den einzelnen Strichcodes (s. Abbildung 11, Editierfeld „Abstand“)
- Der Abstand zwischen den einzelnen Strichcodereihen (s. Abbildung 11, Editierfeld „Abstand zwischen den Zeilen“)
- Die Länge der großen Strichcodes an den Positionen 0-2 (s. Abbildung 11, Editierfeld „Länge“)
- Der Neigungswinkel der kleinen Strichcodes (Positionen 3 und 4) (s. Abbildung 12, Editierfeld „Winkel (klein)“)
- Manuelle Verschiebungen nach oben/unten und links/rechts der kleinen Strichcodes an den Positionen 3 und 4 (s. Abbildung 12, Editierfeld „Verschiebung oben/rechts (1/2)“)
- Die Länge der kleinen Strichcodes an den Positionen 3 und 4 (s. Abbildung 12, Editierfeld „Laenge (klein)“)
- Die Anzahl der Seiten, die später gedruckt werden sollen (je 5 Strichcodereihen pro Seite) (s. Abbildung 11, Editierfeld „Seiten“)

Es wird immer im Programm eine Vorschau angezeigt. Die eigentliche Bahn kann man durch die Tastenkombination Strg+P oder durch Menüauswahl Bahn – Drucken ausdrucken.

Automatisches Fahren mithilfe der Strichcode-Bahnen in der Steuerungsanwendung

Will man den Rollstuhl/-tisch direkt zu einer Station fahren, kann man eine Station definieren, indem man in der Steuerungsanwendung auf „Stationen konfigurieren...“ klickt, im Dialog „Stationen konfigurieren“ (siehe Abbildung 13) nach Klick auf „Station hinzufügen“ den Bereich der Station (siehe Abbildung 14) festlegt und diese danach in der Liste im Gruppenfeld „Direkt fahren“ auswählt.

Der Rollstuhl/-tisch fährt dann los, wenn auf „Fahren“ geklickt wurde.

Man kann den Rollstuhl/-tisch zeitgesteuert losfahren lassen, indem man in der Steuerungsanwendung auf „Termine konfigurieren...“ klickt und nach Klick auf „Termin hinzufügen“ einen Termin im Dialog „Termine“ definiert (siehe Abbildung 15 unter Abschnitt „Zeitgesteuertes Fahren zu Stationen“)

Für einen Termin muss zuerst eine Station definiert sein (siehe Abbildung 13 unter Abschnitt „Sofortiges Fahren zu einer gewünschten Station“).

Sofortiges Fahren zu einer gewünschten Station

Auf dem Steuerungsnotebook kann man Stationen durch Eingabe genauer Positionen (die Strichcodes entsprechen) definieren (siehe Abbildung 13 und Dialog „Station hinzufügen“ in Abbildung 14). Ich habe die Möglichkeit eingebracht, vom Client aus den Rollstuhl/-tisch direkt zu einer Station fahren lassen, die man vorher auf dem Client definiert hat.

Der Server zum sofortigen Fahren zu einer gewünschten Station horcht auf TCP-Port 6780. Der Client sendet als eine Zeichenkette durch einen Bindestrich „-“ getrennt den Bereich der Barcodes, in dem der Rollstuhl stoppen soll.

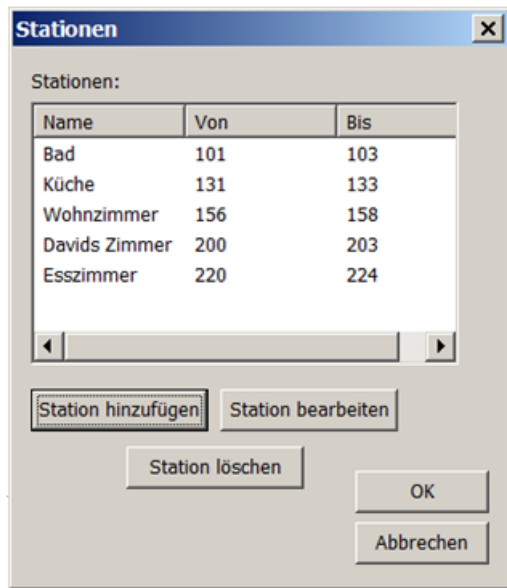


Abbildung 13: Stationen definieren

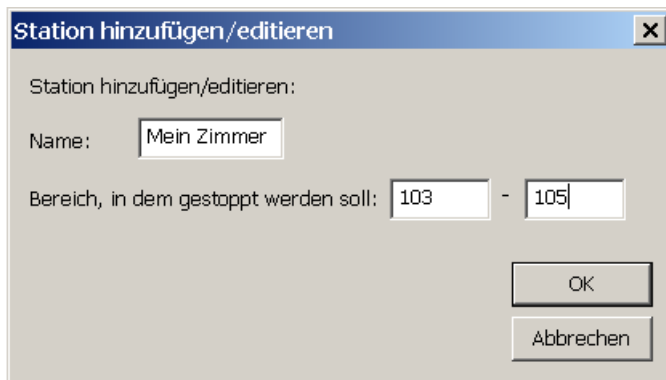


Abbildung 14: Station hinzufügen/editieren

Zeitgesteuertes Fahren zu Stationen

Man kann den Computer zu einer bestimmten Zeit zu einer bestimmten Station fahren lassen. Die Termine und zugehörigen Stationen werden auf dem Server definiert (nicht auf dem Client). Ein Beispiel kann man in Abbildung 15 sehen. Einen eigenen Termin kann man im Dialog „Termin hinzufügen“ definieren (siehe Abbildung 16). Hierbei ist es auch möglich, den Steuerungscomputer in den Standby-Modus oder den Ruhezustand zu versetzen, aus dem er zu der angegebenen Uhrzeit wieder aufwacht.

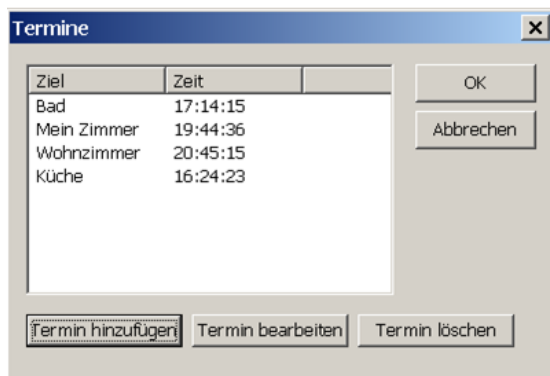


Abbildung 15: Termine definieren



Abbildung 16: Termin hinzufügen/bearbeiten

Scannereinstellungen

Vor dem Losfahren muss immer der Scanner neu initialisiert werden, da sich der Laser automatisch nach 3 Sekunden ohne Einlesen automatisch abschaltet. Die Initialisierung dauert etwa 8-10 Sekunden. Die Verzögerung, die man dem Scanner gewähren will, kann man im Dialog nach Drücken des Buttons „Scannereinstellungen“ einstellen (siehe Abbildung 17), den man durch Klick auf den gleichnamigen Button aufrufen kann.



Abbildung 17: Einstellungen für den Strichcode-Scanner

Diskussion

Sämtliche Hardware sollte kompakter sein.

Die von mir benutzten Hubmagnete sind nur eine provisorische Lösung, da mir für die direkte Ansteuerung der Steuereinheit des Rollstuhls, wegen des Alters, keine ausreichenden Informationen zur Verfügung standen.

Da ich die Fehlerbehandlung beim automatischen Fahren mit Strichcodes und das vollautomatische Fahren von Abzweigungen, auch aus Zeitgründen, nicht ausreichend behandeln konnte, müssten diese noch in der Software stark verbessert werden. Eine

Voraussetzung dafür wäre auch die Möglichkeit, die Originalsterelektronik des Rollstuhls direkt, also nicht mechanisch über den Joystick, anzusteuern.

Das Projekt ist wegen des Arbeitsumfangs eher für eine Entwicklergruppe geeignet als für eine Einzelperson.

Meine Einschätzung ist, dass sich vollautomatische Rolltische/-stühle in Haushalten in der Zukunft sicher etablieren werden – schon aus Kostengründen.

Danksagung

Ich danke meinen Eltern für ihr Verständnis für das Projekt.

Bildnachweis

Alle Abbildungen in dieser Arbeit sind © by David Greve (2008).

Literaturverzeichnis

Pötter, Mathias; Jesse, Ralf: BARCODE, Einführung und Anwendungen, Verlag Heinz Heise, Hannover, 1993

<http://www.ak-modul-bus.de/stat/relaiskarte.html>: 08.12.2007, AK MODUL-BUS Computer GmbH, Software Relaiskarte

<http://www.arexx.com/forum/viewtopic.php?t=113>: 08.12.2007, Ronald, Serielles Protokoll des MRAI

<http://www.modul-bus.de/mbnews/mbnews05/clusbc.htm>: 08.12.2007, Dr.-Ing. Rudolf Polzer, Das CompuLAB-USB mit C++

<http://www.robotikhardware.de/download/rncontrol14.pdf>: 08.12.2007, Frank Brall, RN-CONTROL Version 1.4

<http://www.robotikhardware.de/download/srf10doku.pdf>: 08.12.2007, www.robotikhardware.de, SRF10 Ultraschall Entfernungsmesser