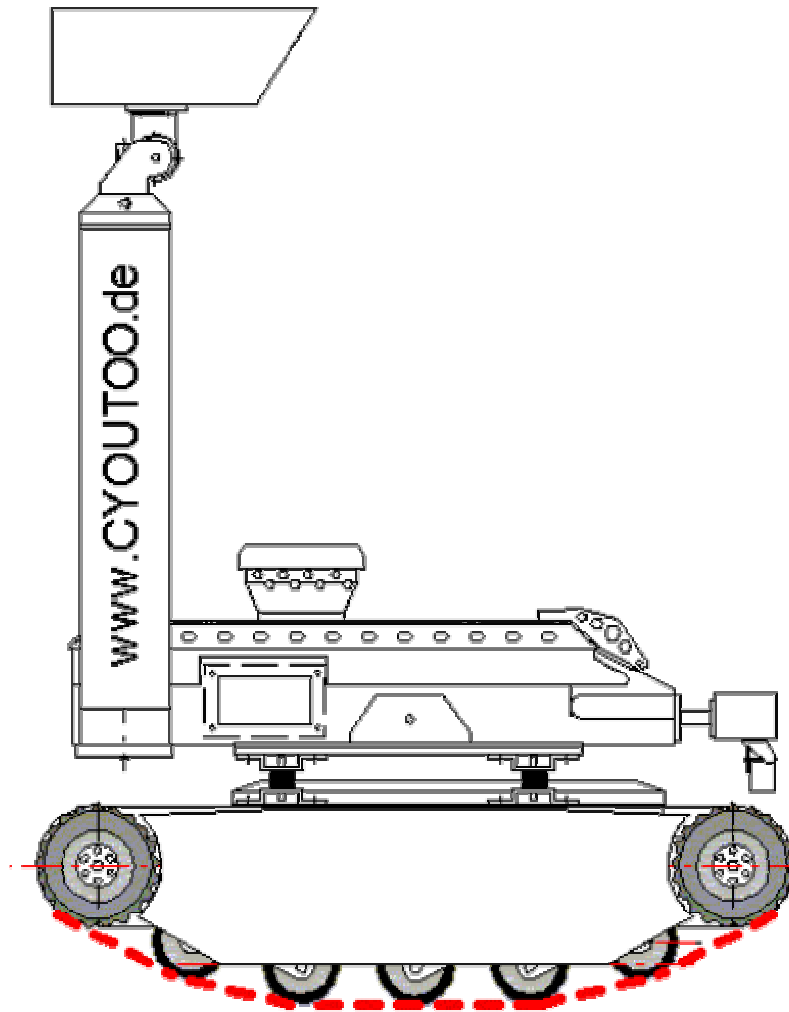


CYOUTOO

Entwicklung eines Überwachungsroboters für den Einsatz im Außenbereich

- Teil 3 von 3 -



Projektbeschreibung und technische Dokumentation

24.10.2008 Version 4

Von Christian Ulrich (<http://www.ulrichc.de/>)

Inhalt

Sensoren	3
<i>Fahrwerksdrehgeber</i>	3
<i>Sensorarray</i>	4
Infrarotsensoren	4
Ultraschallsensoren	4
Software	8
<i>Softwaresystem</i>	9
Aufgaben des Software-Systems	9
Kernanforderungen	9
<i>Softwarearchitektur</i>	10
<i>Software-Systemteile</i>	11
<i>Webschnittstelle</i>	11
Entscheidungsfindung	11
Webserver	11
Websystem	11
<i>Weitere Software</i>	13
Multimedia-Software	13
Bildererkennung	13
Systemerweiterungen und Werkzeuge	13
Steuerung	14
Über Laptop (oder Standard-PC im Netzwerk)	15
Über RC-Funkfernsteuerung	16
Über Internet	17
Ohne Steuerungs-PC	18
Projektabschluss	19
<i>Wall of Fame</i>	20
Schrott	20
Rauch	20
Fehlkauf	20
<i>Resume</i>	20

Sensoren

Die Sensoren von CYOUTOO sind entstammen überwiegend aus dem Robotik- und Maschinenbaubereich.

Diese sensiblen elektronischen Bauteile wurden für den Outdoor-Einsatz geschützt am Roboter angebracht.

Die Sensorenauswertung und Sensordatenaufbereitung übernimmt weitgehend eine Low-Level Elektronik.

Fahrwerksdrehgeber

Im Fahrwerk des CYOUTOO sind zwei Drehgeber zur Erkennung der Fahrtrichtung, Geschwindigkeit und Wegstrecke eingebaut.

Die Drehgeber wurden im Rahmen eines gesonderten Projekts entwickelt und für den Einsatz im CYOUTOO vorbereitet.

Siehe auch [Projekt CU-WAVE-ENCODER](#)



Die Drehgeber sind im Fahrwerk auf den Achsen der Kettenfelgen im Frontbereich montiert.

(Die Abbildung zeigt die zwei Gehäuse der Drehgeber im Fahrgestellgehäuse.)

Die Drehgeber arbeiten direkt mit der Motorsteuerung zusammen und Regeln so die Anpassung der Motorleistung zur Fahrsituation.

Die zwei Drehgeber (Rechts und Links) ermöglichen dem Roboter ein kontrolliertes Geradeausfahren, bzw. Lenken.

Sensorarray

Das Sensorarray umschreibt die Frontsensoren des Roboters. Mit Hilfe dieser Sensoren, kann der Roboter Hindernisse erkennen und ggf. Stoppen.

Der Begriff Sensorarray kann auch als Sensorreihe beschrieben werden. Es handelt sich hierbei um drei Sensoren die rechts, mitte und links in Reihe montiert sind.

Rechts und Links wurden jeweils Infrarot-Abstandssensoren angebaut. In der Mitte der Sensorreihe wurde ein Ultraschallsensor angebracht.



Abb. Sensorarray

Die Sensoren wurden in Gondeln montiert und werden über Servos positioniert.

Die Ansteuerung der Sensoren und Positionierung mittels Servos wurden im Rahmen eines gesonderten Projekts projektiert und für den Einsatz im CYOUTOO modifiziert.

Siehe [UlrichC Projekt CU-SENSOR STAND](#)

Infrarotsensoren

Der Roboter arbeitet im Nahbereich bis 30 cm mit diesen Infrarotsensoren.



Abb. Infrarotsensor

Ultraschallsensoren

Der Roboter CYOUTOO arbeitet im Nahbereich bis ca. 3 Metern (theoretisch 6 Metern) mit Ultraschallsensoren.



Abb. Ultraschallsensor

PIR-Sensor (Passiv-Infrarot-Bewegungsmelder)

Drei passive Infrarot-Sensoren (PIR) wurden am Roboter montiert. Besser bekannt, als Bewegungsmelder, messen diese Sensoren in der Umgebung des Roboters Veränderungen im Wärmefeld.

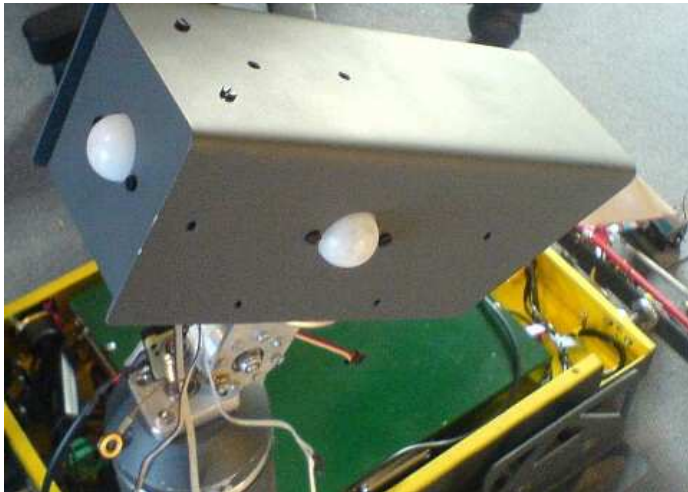


Abb. PIR-Sensor an Seitenfläche des Kameragehäuses.

Eine Auswertung über MC, ermöglicht es beispielsweise Menschen im Umkreis bis zu 12 Metern zu detektieren. Eine entsprechende Schaltung ist im Gehäuse (Abb.) untergebracht und kann über I2C ausgewertet werden.

Kompass (Neigungskompensierend mit Pitch und Rolling)

Ein am Roboter Montierter Kompass hilft dem Roboter, den Bezug zur Nord-Himmelsrichtung zu nutzen.

Der Verwendete Digital-Kompass, arbeitet über eine serielle Schnittstelle und liefert Daten zur Nordausrichtung im Takt von wenigen Millisekunden. Aufgrund der Neigungskompensierenden Eigenschaften des Sensors, können auch Daten zur Lage (Pitch/Rolling) ausgewertet werden.

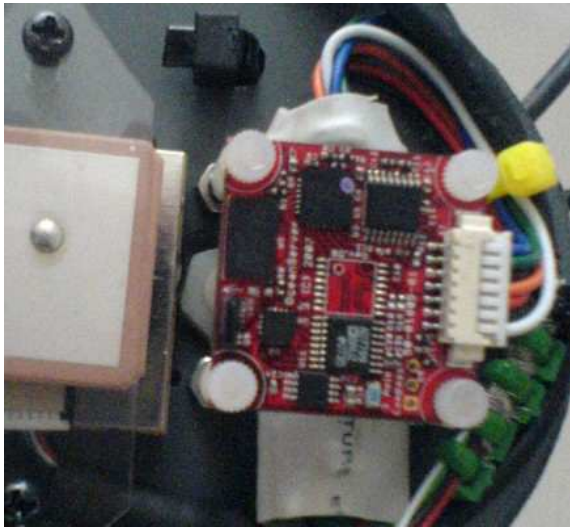


Abb. Kompass (unweit des GPS).

GPS

Das am Roboter montierte GPS, wird über eine serielle Schnittstelle ausgewertet. Die benötigten GPS-Daten werden aus dem NMEA Protokoll des Kompasses geparkt und für die weitere Verarbeitung bereitgestellt.



Abb. GPS-Gehäuse für Montage auf Antenne.

Software

Alle Aktionen und Reaktionen des Roboters werden über Software gesteuert.

Ohne Software würde der Roboter CYOUTOO keine Bewegung tun können.
Alle Sensoren, Regelungen und Aktoren arbeiten mittel- oder unmittelbar mit Software.

Softwaresystem

Das Softwaresystem umschreibt die gesamte Software des Roboters.

Der Begriff System stellt in diesem Zusammenhang nicht die Beschreibung für eine Standardsoftware, sondern beschreibt lediglich die Funktionsweise der Software des Roboters.

Aufgaben des Software-Systems

Das Software-System kann mit folgenden Hauptaufgaben beschrieben werden.

Das Software-System soll ermöglichen das der Roboter ...

- .. all seine An- und Einbauten kennt und verwenden kann.*
- .. über LAN oder WLAN gesteuert werden kann.*
- .. über Internet mittels Browser gesteuert werden kann.*
- .. mit seiner Umgebung kommuniziert.*

Kernanforderungen

Diese Kernanforderungen zum Software-Systems beziehen sich auf die Software selbst.

- Da die Kritikalität des Systems als sehr hoch einzuschätzen ist müssen alle Systemteile des Roboters selbst mit einem Knopfdruck auch von der ferne aus, abgeschaltet werden können.
- Da Änderungen am System nicht ausgeschlossen sind müssen alle Systemteile (auch die Systemteile Dritter) im Quellcode vorliegen.
- Um bei einem technologischen Wandel nicht das nachsehen zu haben, müssen alle Systemteile in der Funktionsweise mit ihrer Schnittstellen beschrieben sein.

Ausbaustufen des Software-Systems von CYOUTOO

Aufgrund der Gegebenheit das die gesamte Software nicht in wenigen Tagen von 0 auf X erstellt werden konnte, wurde die Software in Ausbaustufen unterteilt.

So konnte der Roboter schon teilweise in Betrieb genommen werden, bevor die Software zur Gänze erstellt wurde.

Die Ausbaustufen im Einzelnen:

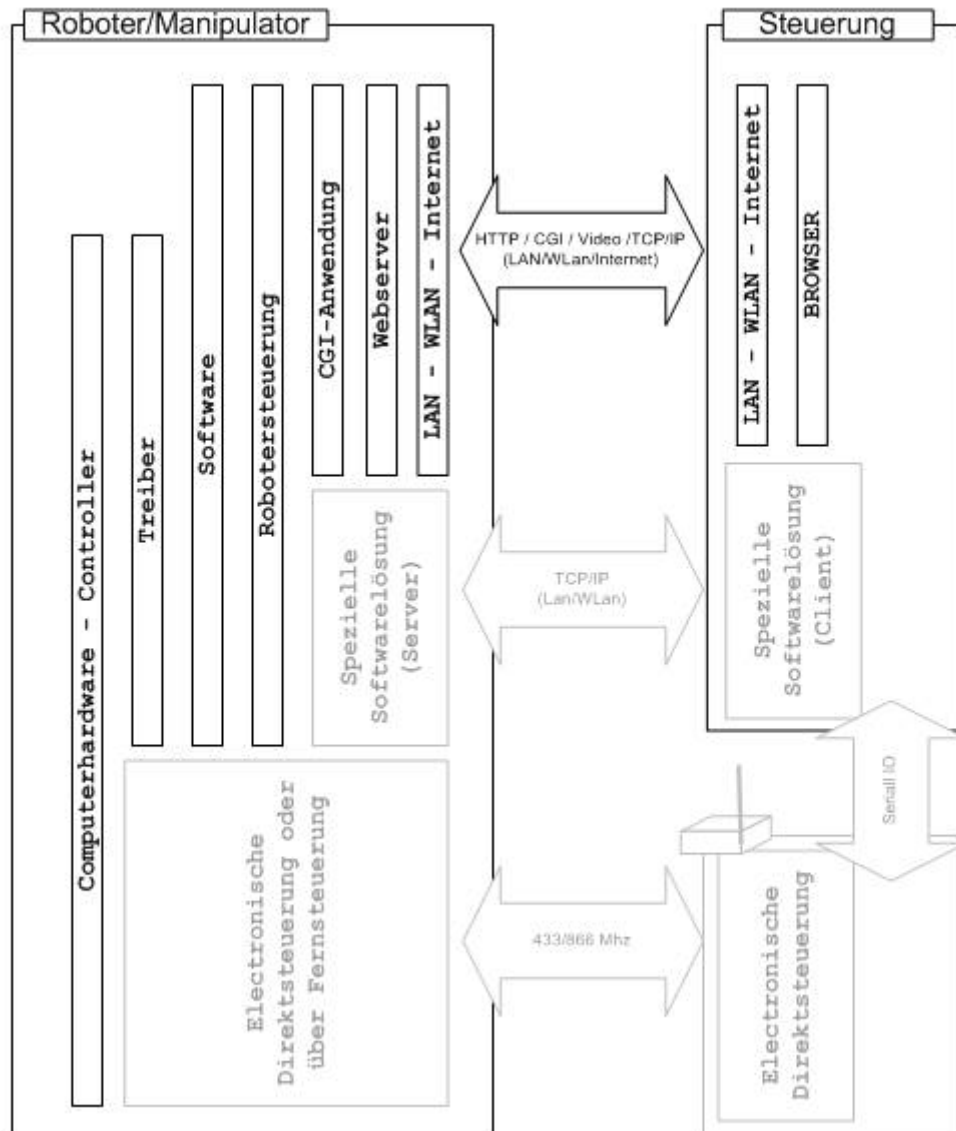
1. Erstellung der Treiber zur Fahrwerksansteuerung.
2. Erstellung eines über Web bedienbaren Systems zur Steuerung und Konfiguration.
3. Einbindung der Kameras des Roboters im Softwaresystem.
4. Erstellung einer Webanwendung zur händischen Steuerung des Roboters über Internet
5. Ausbau der Treiber zur Sensorauswertung.

Softwarearchitektur

Die Softwarearchitektur von CYOUTOO beschreibt den Aufbau des Software-Systems.

Der Entwurf basiert auf der Vorgabe den Roboter über einen Standard-Webbrowser steuern zu können.

Diese Zusammenstellung hatte zum Ziel das Grundsystem zu umreisen, um so einzelne Details und vor allem Schnittstellen definieren zu können.



Diese erste Softwarearchitektur zeigt alle Softwareteile in ihrer größten Form.

(In der Abbildung wurden alle Teile die in der ersten Version nicht verfolgt wurden, grau dargestellt.)

Software-Systemteile

Webschnittstelle

Um den Roboter über Netzwerk oder auch Internet steuern zu können, wurde eine Webschnittstelle entworfen.

Hierzu wurden zunächst Überlegungen angestellt die als [CU-WWW-GUI](#) Projektiert wurden. Dieses Teilsystem ermöglichte den Roboter über einen gewöhnlichen Browser zu steuern.

Entscheidungsfindung

Die grundlegende Entscheidung, für die Steuerung des Roboters ein Webinterface zu erstellen, wurde nicht von Anfang an verfolgt.

Zuerst wurde Überlegt eine PC-Anwendung (Client<->Server) zu erstellt, um eine Steuerung mittels TCP/IP über einen PC zu ermöglichen. Auch der Bau einer elektronischen Steuerung via Funk (ISM Band 433 oder 866 Mhz) wurde überdacht.

Die Idee den Roboter über einen Browser und somit mittels Webserver zu Steuern entstand beim Arbeiten an einer Webanwendung zur Gebäudeüberwachung. Der Gedanke das ein Roboter im Haus über das lokale Netzwerk oder auch über Internet angesprochen werden könnte, ohne das größere Vorbereitungen dazu nötig wären, war verlockend.

In diesem Zusammenhang wurde auch überlegt das mehrere Personen den Roboter zugleich Steuern könnten (...).

(Im Grunde eine Webseite/Server auf Rädern bzw. Ketten)

Webserver

Auf dem Embedded-System von CYOUTOO wurde für das Webinterface ein Webserver mit eingerichtet.

Um die Steuerung und Konfiguration auch mittels Webbrowser vornehmen zu können, wurde im weiteren Verlauf, serverseitig eine art Webseite zur Robotersteuerung erstellt.

Auf diese Weise ist es möglich den Roboter via LAN (RJ45) oder W-Lan (802.11) zu Steuern, ohne auf der jeweiligen Steuerung eine spezielle Software installiert zu haben.

Websystem

Als Grundsystem zur Erstellung der Browseroberflächen also dem Websystem wurde das zuvor entwickelte [CU-SYSTEM](#) gewählt.

Dieses an CMS-Systeme angelehnte Websystem hatte die passende Architektur um mittels einfachen Erweiterungen in kurzer Zeit alle Steuerungsteile einzubinden.

Um aus diesem eigentlich gewöhnlichen Content-Management Websystem eine Robotersteuerung zu machen waren verschiedene Schritte notwendig.

Zunächst wurde ein Grundsystem errichtet. Dieses System war mit einer einfachen Webseite zu vergleichen und bildete die Entwicklungsumgebung für weiteres.

Darauf folgte die Implementierung verschiedener Kommunikations-Module, die einen Zugriff auf die Hardwareschnittstellen des Computers ermöglichten. Des Weiteren, wurde auch eine Möglichkeit geschaffen um auf Betriebssystemfunktionen sowie auf externe Software zuzugreifen.

Siehe auch [UlrichC Projekt CU-WWWGUI](#)

Weitere Software

Auf dem Hauptrechner des Roboters, wird nicht nur Software zur Ansteuerung eingesetzt. Die Spanne der Software ist weit reichend, und mittlerweile ein großes Experimentalfeld für verschiedene Projekte rund um den Roboter.

Bisher wurde folgend Softwaregattungen am Roboter getestet.

Multimedia-Software

Ob MP3s abspielen, Sprache ausgeben oder erkennen, die Software eröffnete bislang in Verbindung mit den eingebauten Werkzeugen (Soundkarte, Lautsprecher und Mikrofon) viele Wege.

Bilderkennung

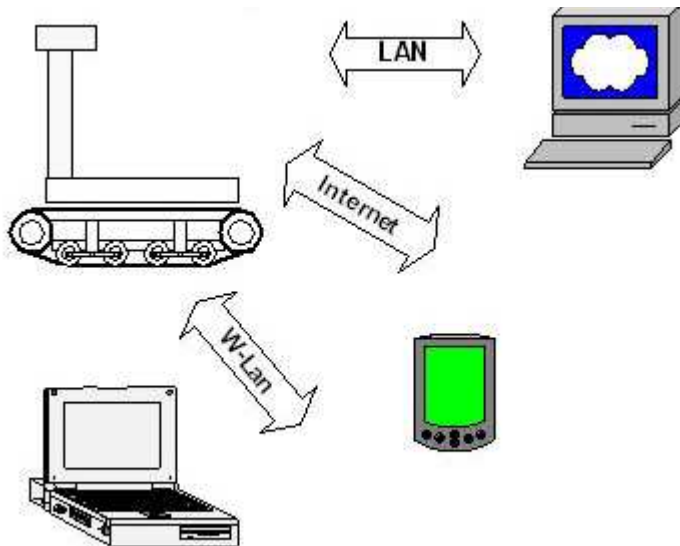
Zusammen mit der installierten Kamera wurden Bilderkennung, Bewegungserkennung bis zur Bewegungsberechnung getestet.

Systemerweiterungen und Werkzeuge

Ob Fernüberwachung, VPN, GPRS und GPS, die integrierten Netzwerkkomponenten und Ports für Erweiterungen (wie USB), machten den Roboter während verschiedener Geländetests zur Navigationshilfe.

Steuerung

Der Roboter verfügt über mehrere Kommunikationsschnittstellen.



Die Steuerung des Roboters ist somit über viele Wege möglich. Hier sind nur die favorisierten Wege aufgezeigt. Aufgrund des eingebauten Standard-PCs (Embedded-System) sind an dieser Stelle noch weitere Steuerungsmöglichkeiten offen. Ob RJ45, Fire-Wire, Bluetooth, USB, Seriell usw., die Grundlagen der Netzwerktechnik sowie zahlreiche PC-PC Verbindungen geben eine mannigfaltige Auswahl an Steuerungsmöglichkeiten.

Unterhalb wurden die bisher meist angewendeten Möglichkeiten zur Steuerung beschrieben.

Über Laptop (oder Standard-PC im Netzwerk)

Zur Steuerung im Gelände wird meist ein handelsübliches Laptop eingesetzt. Ausgestattet mit W-Lan ist eine Steuerung des Roboters auch ohne Sichtverbindung (Ad Hoc oder über Router, Repeater) möglich.

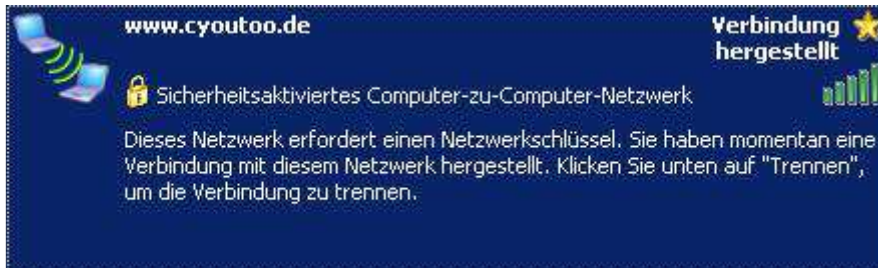


Abb. Hergestellte Verbindung via W-LAN (AdHoc)

Zur Steuerung kann eine Verbindung mit dem OnBoard befindlichen Webserver hergestellt werden.

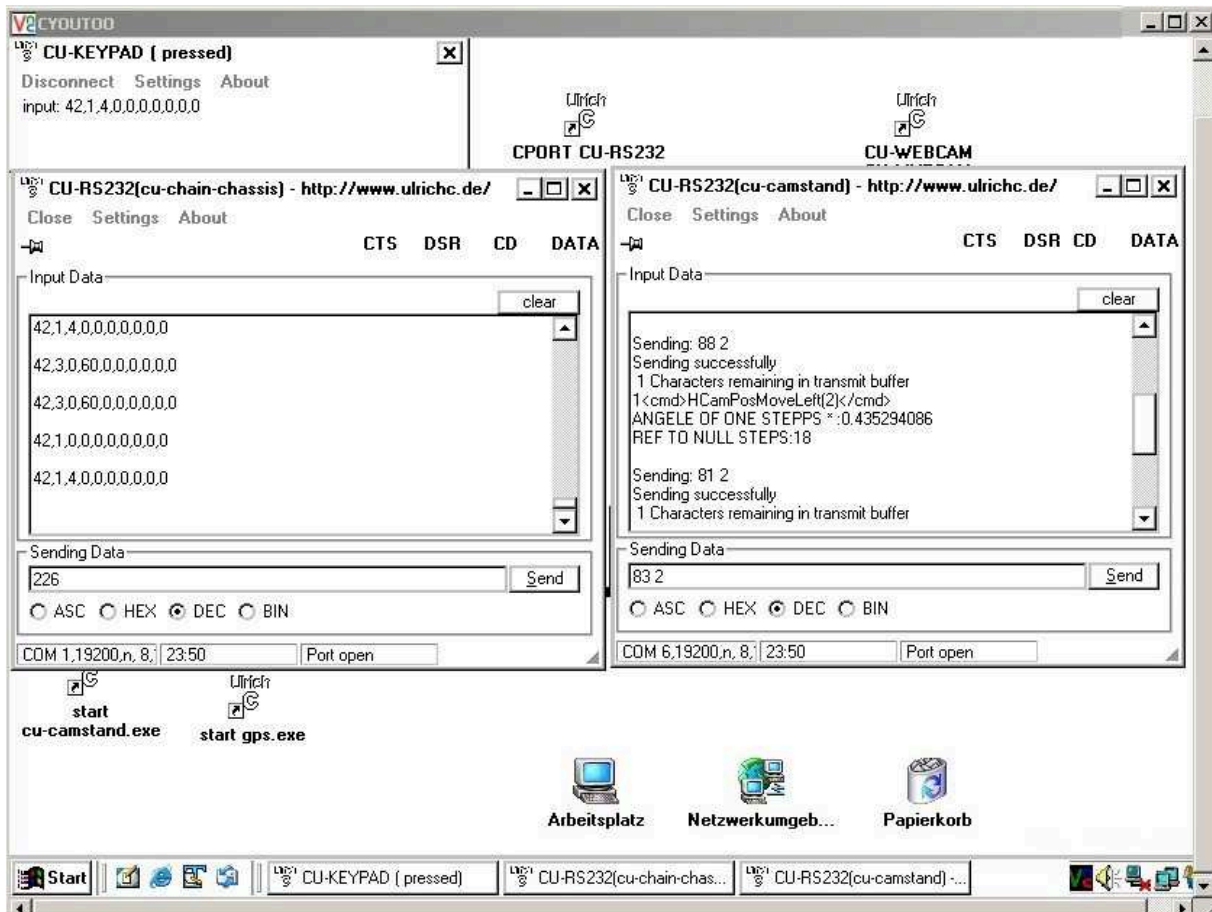


Abb. VNC-Verbindung

Aber auch über Werkzeuge für Fernwartung (wie VNC) kann der Roboter auch lokal via Bildschirmübertragung gesteuert werden. Hierbei wird der gesamte Arbeitsbereich des Betriebssystems des integrierten Computers übermittelt.

Über RC-Funkfernsteuerung

Die Steuerung über Funkfernsteuerung war eine der ersten Funktionen die funktionierte. Dieses Feature ermöglichte die gewählte Motorsteuerung neben einer Kabelsteuerung. Die Motorsteuerung hatte hierfür bereits vorbereitete Eingänge die überwiegend für Testzwecke verwendet wurden.



Abb. Roboterfahrgestell während der Entwicklung mit RC-Fernbedienung.

Die Steuerung über Funkfernsteuerung wurde oft während der Entwicklung eingesetzt. Gepaart mit dem Videoübertragungssystem sind so auch Fahrten ohne direkte Sichtverbindung möglich.

Über Internet

Die Steuerung über Internet wurde über mehrere internetfähige Geräte getestet. Hierfür wurde die Oberfläche des Projekts CU-WWW-GUI modifiziert und erweitert.

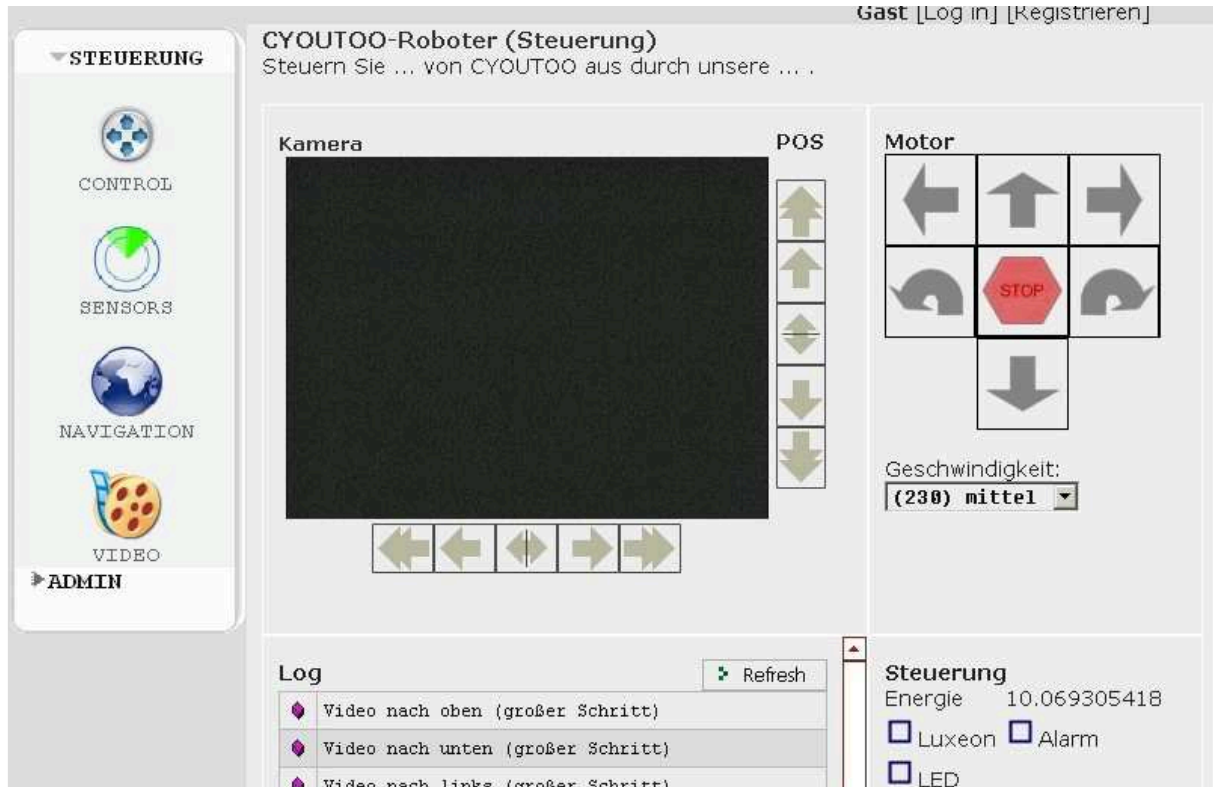


Abb. Steueroberfläche

Vom Standard-PC, Laptop über PDA bis zum Handy konnten so mehrere Geräte zur Steuerung via Websteuerung verwendet werden.
(Auch der Weg über GPRS am Roboter konnte erfolgreich getestet werden.)

Ohne Steuerungs-PC



Gerade zum Verladen und Rangieren, wurde am CYOUTOO auch eine direkte Tastatursteuerung vorgesehen. Mit einem kleinen am Roboter eingesteckten Tastaturfeld, kann CYOUTOO damit auch ohne Steuerungsrechner gesteuert werden.

Diese Steuerung kann auch am Steuerungsrechner via TCP/IP Verbindung genutzt werden.

Projektabschluss

Das Projekt CYOUTOO wurde nach mit Unterbrechungen binnen drei Jahren fertig. Die relativ lange Projektlaufzeit, ergab sich aus unterschiedlichen Aktivitäten rund um den eigentlichen Roboterbau.

In der Zeit bis zum Abschluss des Projekts wurden, sozusagen nebenbei, auch mehrere andere Projekte, Fahrgestelle und Roboterlösungen, Steuerungen und Software und Softwarekonzepte realisiert.

CYOUTOO wurde als Einstieg in die Robotik bis zur Fertigstellung durchweg selbst gebaut. Auch Themen, wie Elektronik und Mikrocontroller-Programmierung, die vor Beginn des Baus doch eher unbekanntes Gebiet waren, wurden mit dem CYOUTOO durchschritten.

Das Roboterprojekt bildet seither mit dessen Basics und Konzepten die Grundlage für weitere ähnlich geartete Roboterprojekte.

Wall of Fame

So nenne ich die imaginäre Wand, an der alle Fehler, Fehlentscheidungen und Fehlschläge zum Gedenken aufgebart werden.

Schrott

Abgesehen von Unmengen an Spänen und Abfallstücken, fanden auch (eigentlich) fertige Teile des CYOUTOO den Weg in den Schrottkübel. Das waren dann nicht die besten Momente während dem Bau aber zum Glück die wenigsten.

Rauch

Ab und an rauchte es im CYOUTOO. Mehrere Elektronikbauteile von Dioden bis hin zu FETs und Kameras fanden beim Bau des CYOUTOO ihr Ende. Ich kann fast behaupten dass die Elektronik des CYOUTOO teilweise zweimal entwickelt wurde. Also einmal zum verrauchen und dann noch mal richtig.

Fehlkauf

Unter anderem der anfängliche Glaube, sich mit Sorglos-, Evaluation-, Start-, Hobby-Robotik -Platinen einen Roboter aufbauen zu können führte zu manchen Fehlkäufen. Zudem wurden auch Teile geordert, die mit CYOUTOO nie wirklich zum Einsatz kamen.

Es sind also noch Teile übrig, die anderweitig verbaut werden können.

Ich freue mich also schon auf Projekte wie „4WD and Chain Tracked Robot with Night-Vision based on 2,4 Ghz 500mW Video-Transmission controlled by Micro-Joystick with Head-Mounted-Display“.

Resume

Es hat Spaß gemacht! Nicht unbedingt deshalb, aber vielleicht auch deswegen, wird es vom CYOUTOO in absehbarer Zeit eine weitere Version geben.

Dieses Dokument gehört zum Projekt [CYOUTOO](#) von UlrichC.DE. Weitere Dokumente sowie Konstruktionsunterlagen und Bilder zum Projekt sind auf der Internetpräsenz <http://www.ulrichc.de/> zum Download bereitgestellt.