

Diplomarbeit

Michael Ziener

Konstruktion einer programmierbaren,
omnidirektionalen Roboterplattform

Michael Ziener

Konstruktion einer programmierbaren,
omnidirektionalen Roboterplattform

Diplomarbeit eingereicht im Rahmen der Diplomprüfung
im Studiengang Technische Informatik

am Fachbereich Elektrotechnik und Informatik
der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Betreuender Prüfer: Prof. Dr. Kai von Luck
Zweitgutachter: Prof. Dr. Gunter Klemke

abgegeben am 26. August 2005

Michael Ziener

Thema dieser Diplomarbeit

Konstruktion einer programmierbaren, omnidirektionalen Roboterplattform

Stichworte

omnidirektional, Roboter, AkSen-Board, RCube, autonom

Kurzzusammenfassung

Es wurde ein omnidirektionaler Roboter konstruiert, der als Experimentierplattform im Roboterlabor an der HAW-Hamburg eingesetzt werden soll. Um einen optimalen Zahnriemenantrieb einsetzen zu können, wurde mit verschiedenen Motoren und Betriebsspannungen experimentiert. Da der Roboter modular aufgebaut ist, kann er ohne große mechanische Eingriffe verändert werden. Mittels Standardbibliotheken kann der Roboter als Basis für zukünftige Versuche und Erweiterungen, zum Beispiel durch Kameras, eingesetzt werden.

Michael Ziener

Title of the paper

Construction of a programmable, omnidirectional Robotplatform

Keywords

Robot, AkSen-Board, RCube, autonomous

Abstract

This thesis presents a constructed omnidirectional robot which will be used as an experimental platform in the robot lab of the HAW-Hamburg. In order to be able to use a belt drive, different motors and operating voltages were experimented with. Due to the modular structure the robot is changeable without extensive mechanical operations. By means of standard libraries the robot can be employed as a basis for future experiments and extensions, for example, through cameras.

Danksagung

Als erstes möchte ich mich bei Prof. Dr. Kai von Luck für das entgegengebrachte Vertrauen und für die hervorragende, nicht selbstverständliche Betreuung bedanken. Bei Prof. Dr. Gunter Klemke möchte ich mich für die Arbeit als Zweitgutachter bedanken.

Dann möchte ich mich für die positive Resonanz der Firmen bedanken, die für den Roboter Hardware gesponsort und mich dadurch sehr unterstützt haben.

Bei Sven Urban möchte ich mich bedanken, daß er mir gezeigt hat, wie Konstruktionszeichnungen richtig erstellt werden.

Für die Zusammenarbeit mit den Mitarbeitern der Zentralen Laborwerkstatt der HAW-Hamburg möchte ich mich bedanken, da ich eine Einführung in die Welt der Dreh- und Fräsmaschinen bekommen habe. Durch die Einführungen konnte ich die benötigten Teile selber drehen und fräsen. Eine sehr schöne Erfahrung!

Aber mein besonderer Dank gilt meiner Frau Claudia. Ihr Beistand und ihre Geduld waren während der Fertigstellung der Diplomarbeit eine große Erleichterung und Hilfe für mich.

Hinweis zu Markennamen:

Alle in dieser Diplomarbeit verwendeten Firmen- und/oder Produktnamen sind Warenzeichen und/oder eingetragene Warenzeichen ihrer jeweiligen Hersteller in ihren Märkten und/oder Ländern.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	8
1 Einleitung.....	10
1.1 Aufgabenstellung.....	15
1.2 Gliederung der Arbeit.....	15
2. Allgemeines zu omnidirektionalen Robotern.....	16
3. Controller.....	18
4. Antriebseinheit.....	21
4.1 erster Entwurf.....	21
4.1.1 Bohrmaschinenmotoren.....	23
4.2 endgültiger Entwurf.....	24
4.2.1 Getriebemotoren RB-35.....	24
4.3 Pulsweitenmodulation PWM.....	25
4.4 Stromversorgung.....	27
4.4.1 Ladegeräte.....	28
4.5 Motortreiber.....	29
5. Antriebsarten.....	31
5.1 Lagerung der Antriebswelle.....	32
5.2 Räder.....	33
5.3 Antrieb über Ritzel.....	35
5.4 Zahnriemenantrieb.....	36
5.4.1 Berechnung der Zahnriemenlänge.....	38
6. Sensoren.....	40
6.1 Sharp - Sensoren und Verstärker.....	40
6.2 Kamera.....	42
6.3 Bumper.....	43
6.4 IR - Sensoren.....	44
7. Konstruktion der Experimentalplattform.....	45
7.1 das Vorgängermodell – der Fußballspieler.....	45
7.2 der Neue stellt sich vor – die Experimentalplattform.....	47
7.3 die Standardsensoren des Roboters.....	49
7.3.1 die Bumper.....	49
7.3.2 die Sharps.....	51
7.3.3 weitere Sensoren.....	52
7.4 der Antrieb.....	53
7.5 die Bibliothek.....	56
7.6 Evaluation der Experimente.....	58

8. Fazit und Ausblick.....	60
----------------------------	----

Anhang

A: Datenblatt Sharp	62
B: Akkubohrmaschinenmotor	66
C: Getriebemotor RB-35	67
D: technische Zeichnungen	68
E: Firmenverzeichnis	76
F: Inhalt der CD	78

Literaturverzeichnis	80
----------------------	----

Abbildungsverzeichnis

1.1: Mindstorm.....	9
1.2: Schweißroboter mit Drehtisch.....	10
1.3: Staubsauger mit Ultraschall.....	12
1.4: Omnicam der FU-Fighters.....	13
2.1: Fahren ohne Drehung.....	15
2.2: Allseitenräder symmetrisch.....	15
2.3: Allseitenräder der FU-Fighters.....	15
2.4: Fahrtrichtung.....	16
3.: RCube.....	18
4.1: Servo.....	21
4.2: Getriebemotor RB-35.....	23
4.3: PWM mit TON = 0.8s.....	24
4.4: Akkupack.....	26
4.5: Ladegeräte.....	27
4.6: Schaltplan Motortreiber für 12Volt.....	28
5.1: Stehlager.....	31
5.2: Industrie-Allseitenräder.....	32
5.3: Roboter-Allseitenräder.....	32
5.4: ineinandergreifende Zahnräder.....	34
5.5: Zahnscheibe.....	35
5.6: Teilung t.....	37
6.1: Funktion PSD.....	39
6.2: Sharp GP2D12.....	40
6.3: Verstärkerplatine.....	40
6.4: CMOS-Farb-Kameramodul 3.....	41
6.5: verbundene Bumper.....	42
6.6: Beacon.....	43

7.1: der Fußballroboter; Prototyp.....	45
7.2: die Experimentierplattform.....	46
7.3: Parallelschaltung der Bumper.....	48
7.4: AkSen-Board mit Ultraschall.....	51
7.5: Ansteuerung der Motoren.....	52
7.6: Einteilung in Grad.....	54
7.7: Aufteilung in Quadranten.....	55
7.8: Ballsensoren.....	58

1 Einleitung

Roboter begleiten die Menschheit schon seit langer Zeit. Aber was sind Roboter und wo kommen sie her? Karel Čapek (Čapek) führte den Begriff Roboter in seinem Roman R.U.R., Rossums Universal Robots, von 1920 in den Sprachgebrauch ein. Das Wort *Roboter* kommt aus dem tschechischen und bedeutet Zwangsarbeiter. Roboter sollen die Menschen unterstützen und Ihnen hilfreich sein. Dazu hat der russische Schriftsteller Isaac Asimov (Asimov) *Gesetze der Robotik* erschaffen. Die drei bekanntesten lauten:

- Ein Roboter darf kein menschliches Wesen verletzen oder durch Untätigkeit gestatten, daß einem menschlichen Wesen Schaden zugefügt wird.
- Ein Roboter muss dem Menschen gehorchen, es sei denn, der Befehl steht im Konflikt mit dem ersten Gesetz.
- Ein Roboter muss seine eigene Existenz beschützen, es sei denn, dieser Schutz tritt in Konflikt zum ersten oder zweiten Gesetz.



Abbildung 1.1: Mindstorm

Waren zuerst Roboter nur im wissenschaftlichen und kommerziellen Bereich zu finden, stellt heute die Unterhaltungsindustrie immer mehr Roboter dem privaten Haushalt zur Verfügung. Die Spielzeugindustrie stellt Roboterhunde her, die auf

verschiedene äußere Umstände reagieren. Etwas neuere Robotermodelle sind die humanoiden Roboter (HR2). Für Leute, die kreativ sein möchten, gibt es von der Firma Lego (Lego) die Mindstorms. Mindstorms gehören zu den autonomen Robotern. Mindstorms¹, Bausätze mit Legosteinen und einem kleinen Hitachi Mikrocomputer, Robotic Command System, kann man als Spielzeug käuflich erwerben und selbst programmierfach zusammensetzen [Abb.1.1]. Für diese Roboter werden verschiedene Sensoren und Schalter gleich mitgeliefert.

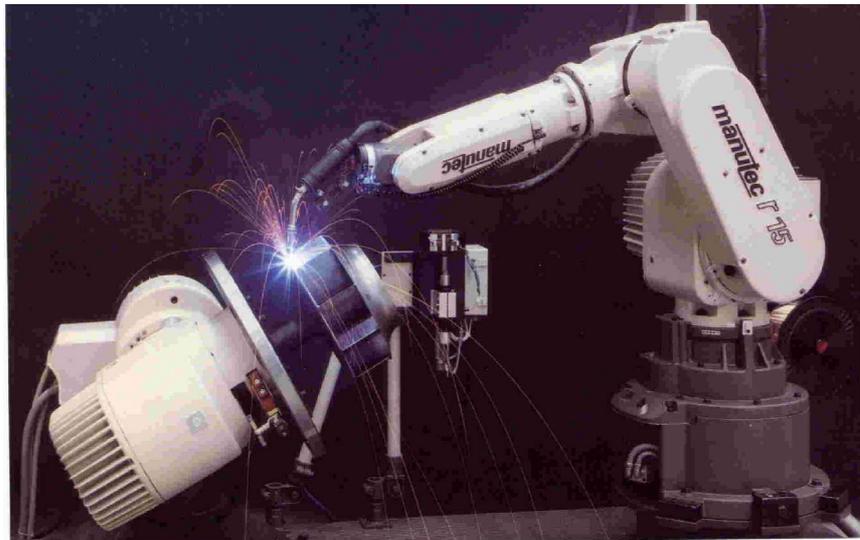


Abbildung 1.2: Schweißroboter mit Drehtisch

Bei Robotern gibt es jedoch gravierende Unterschiede, zu welcher „Kategorie“ sie gehören. Es gibt Roboter die auf äußere Veränderungen reagieren und Roboter, die einfach nur ein Programm durchlaufen, sich statisch verhalten. Zu der Kategorie „statische Roboter“, die die meisten Leute kennen, gehören zum Beispiel die Schweißroboter [Abb.1.2] (schweißen). Diese sind fest an einem Ort montiert und führen ein Programm, durch SPS² gesteuert, aus. Ein Schweißarm, mit einem Schweißbrenner bestückt, wird hydraulisch oder pneumatisch an eine bestimmte

¹ Mindstorm von der Firma LEGO® mit einem RCX (Robotic Command System) Bausatz mit Legosteinen, Sensoren und weiterem Zubehör. Mit einem Programmiertool kann man den Roboter programmieren.

² SPS: Speicher Programmierbare Steuerung; (engl.: PLC; Programmable Logic Controller) wird oft in der Elektrotechnik zur Automation von Maschinen und Anlagen genutzt. Die SPS wird in den meisten Fällen mit speziellen Programmiersprachen, die häufig graphisch sind, programmiert. Früher hatte jeder Hersteller seine eigene Syntax. Heute hat sich ein genormter Standard nach IEC/EN etabliert.

Position gesteuert, so daß dann einer Schweißanlage ein Signal gegeben wird, den Schweißstrom zu starten. Ein gravierender Nachteil dieser Roboter ist allerdings, daß Hindernisse nicht erkannt und Menschen, die sich unbefugt in dem Arbeitsbereich des Schweißroboters aufhalten, schwer verletzt werden können. Die Sensorik dieser Roboter beschränkt sich meist nur auf Schalter, die Endpositionen erkennen.

Die Roboter, die auf äußere Veränderungen reagieren, sind meistens autonome Roboter. Stellt sich nun die Frage, was sind autonome Roboter? Autonome Roboter agieren mit und durch ihre Umwelt, jedoch ohne menschliche Eingriffe, wie zum Beispiel durch eine Fernbedienung. Sie haben einen Controller [Kap.3] auf dem ein Programm läuft, Sensoren [Kap.6] eventuell zur Orientierung oder Hindernisbewältigung, Aktoren [Kap.4] um sich überhaupt fortzubewegen und eine Energiequelle [Kap.4].

Auf dem Gelände des Container Terminal Altenwerder (LNKCTA) fahren Transportroboter, sogenannte Katzen, Container unter anderem vom Schiff zum Verladebahnhof oder zu einem anderen Bestimmungsort. Diese Roboter fahren in einem extra abgegrenzten Terrain, in dem Personen keinen Zutritt haben. Die genaue Bezeichnung der Roboter lautet *Automated guided Vehicle*, kurz AGV. Die AGVs erkennen den kürzesten Weg von Punkt A nach Punkt B und können auch langsamere AGVs überholen. Durch mehrere tausend in den Boden eingelassene Transponder³ wird diese flexible Fahrweise ermöglicht. Ein AGV aktiviert nur die in seiner Nähe befindlichen Transponder, so daß diese für andere AGVs gesperrt sind. Dadurch suchen sich die AGVs den kürzesten verfügbaren Weg. Der Bordcomputer erkennt zudem auch, ob der Tankinhalt sich dem Ende neigt. Wenn das der Fall sein sollte, wird eine Tankstelle automatisch angefahren. Mittels eines Kamerabildes übernimmt ein Tankroboter die Betankung des 1200ltr AGV-Tanks.

Ein weiteres, häufig aufgeführtes Beispiel für nützliche Roboter sind die Staubsaugroboter. Diese Roboter fahren, während sie saugen, in eine Richtung, stoßen sie jedoch an ein Hindernis, ändern sie die Fahrtrichtung. Diese Roboter fahren keine bestimmte Bahnen ab, sondern fahren „willkürlich“ im Raum, wodurch irgendwann jeder Punkt gesaugt wird. Die neuere Generation solcher Staubsauger, wie der

³ Mittels RFID, Radio Frequency Identification; wird zur berührungslosen Identifikation eingesetzt. Einsatzgebiet u.a. bei Mautstellen. Die Reichweite kann von wenigen Zentimetern (passiv) bis 1000m (aktiv) betragen. Als *passiv* wird es bezeichnet, wenn der Chip durch den „Empfänger“ mit Energie versorgt wird. Als *Aktiv* wird es bezeichnet, wenn eine Batterie den Chip mit Energie versorgt.

Trilobite 2.0 von Elektrolux [Abb.1.3] (Elektrolux), fährt mit Ultraschall-Sensoren. Durch diese Sensoren kann der Sauger berührungslos dann aufkommende Hindernisse umfahren. Die Frequenz des Ultraschall liegt bei 60kHz. Der Trilobite fährt selbstständig zur Ladestation, um seine Akkus wieder aufzuladen. Damit der Trilobite nicht überall hinfährt bzw. den Raum verläßt, werden zur Begrenzung Magnetstreifen auf dem Boden verlegt.

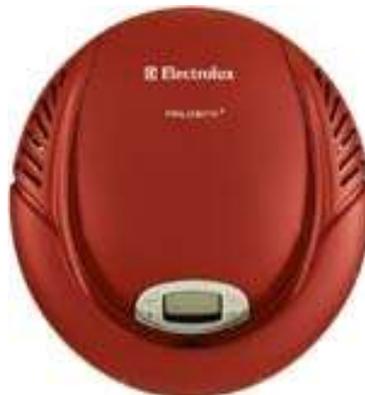


Abbildung 1.3: Staubsauger mit Ultraschall

Ein Treppenabgang muß nicht mit Magnetstreifen gekennzeichnet werden, da der Trilobite IR – Sensoren hat, die den Abstand zum Boden messen. Der momentane Preis des Triolobite 2.0 liegt zwischen 1200,- bis 1300,- Euro. Durch einen günstigen Verkaufspreis von knapp 90 Euro hat ein Vorgänger des Trilobite 2.0 vielen Familien den Einstieg in die autonome Roboterwelt ermöglicht. Die autonomen Roboter werden immer mehr zu einem bezahlbaren und sinnvoll nutzbaren Massenprodukt. Bei den „reagierenden“ Robotern gibt es lernfähige Roboter, mittels *neural Network*⁴, und bibliotheksgesteuerte Roboter. Lernfähige Roboter erkennen meistens ihre Umgebung und die sich dort befindlichen Hindernisse. Diese Roboter können sich auch auf Veränderungen, eventuell durch Bilderkennung, einstellen und dementsprechend reagieren. Sie stellen sich auf die Veränderungen ein. In der Diplomarbeit von Timo Storjohann (DATS05) hat ein Roboter mehrere Daten von verschiedenen Positionen auf einem Spielfeld aufgenommen und ausgewertet.

⁴ neural Network: neuronale Netzwerke; ein neuronales Netzwerk wäre zum Beispiel das Gehirn. Es ist veränderbar durch sich selbst. Das heißt genauer, daß man sich Fähigkeiten aneignet, die stets verbessert werden. Der Roboter lernt Fähigkeiten zu verbessern.

Mittels dieser Auswertung wurde bestimmt, von welcher Position die größte Möglichkeit besteht, einen Ball in ein Tor zuschießen. Fußballroboter in der Middle Size League, wie die der UNI-Osnabrück, die Tribots, sind mit Subrechnern bestückt. Diese Roboter können durch die Rechner die Signale von den Sensoren schnell auswerten und reagieren. Für die Visualisierung wird eine Kamera senkrecht nach oben, zu einem konkaven Spiegel schauend, montiert. Dadurch ist eine Rundumsicht von 360° [Abb.1.4] (OmniCam) möglich. Es können permanent die Positionen der gegnerischen und der eigenen Roboter, sowie die Position des Balls registriert werden.

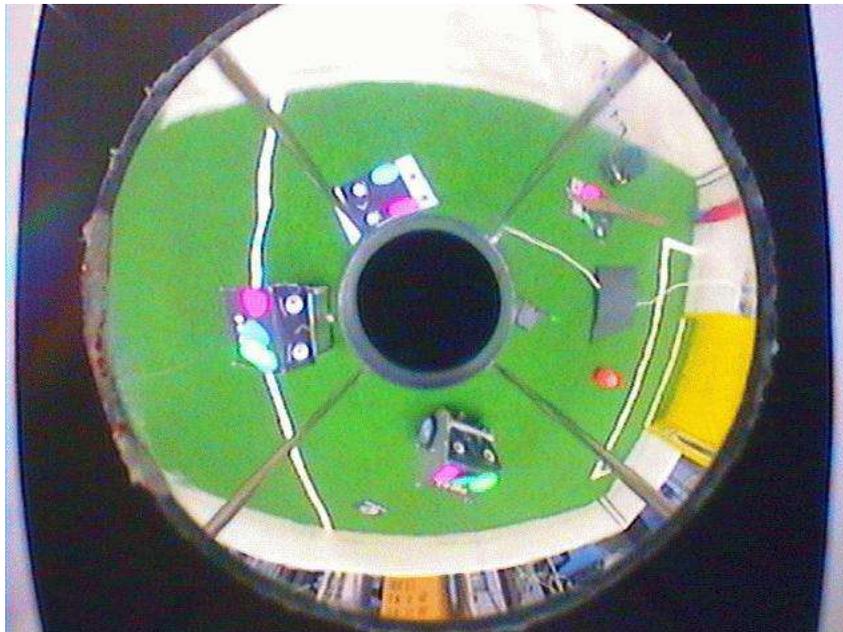


Abbildung 1.4: Omnicam der FU-Fighters

Bei bibliotheksgesteuerten Robotern sollte die Hard- und Software so ausgelegt sein, daß sie Hindernisse erkennt und versucht, diese berührungslos zu umgehen. Natürlich sollten Fußballroboter einen Ball erkennen und nicht diesen als Hindernis ansehen und dann in einem großen Bogen um ihn herum fahren. Hierbei kommt es auf die Sensorik an. Als Sensoren können Schalter, Infrarot- und/oder Ultraschall-Sensoren und Kameras zum Einsatz kommen. Die bibliotheksgesteuerten Roboter sind auf ihr Umfeld/Einsatzbereich programmiert.

1.1 Aufgabenstellung

Es soll ein Roboter konstruiert werden, der als Experimentierplattform im Roboterlabor der HAW-Hamburg eingesetzt werden kann. Als Antrieb soll ein omnidirektionaler Antrieb zum Einsatz kommen. Die Experimentierplattform soll als Basis für zukünftige Untersuchungen und Versuche dienen. Diese Experimentierplattform soll, gegenüber seinem Vorgänger, stabiler werden und es soll eine Modulationsfähigkeit gegeben sein. Der Anschluß und das Anbringen von weiterer Hardware soll u.a. durch Standardbibliotheken erleichtert werden. Der Antrieb soll, wenn gewünscht, durch einen geringen mechanischen Aufwand veränderbar sein und trotzdem stabil funktionieren. An den Antrieb wird definitiv noch folgende Anforderung gestellt: die Geschwindigkeit des Roboters soll regulierbar sein.

1.2 Gliederung der Arbeit

In Kapitel 2 wird auf die Technik der omnidirektionalen Roboter eingegangen. Es wird beschrieben, welche Vor- und Nachteile der omnidirektionale Antrieb hat. Damit der Roboter auf äußere Einflüsse reagieren kann benötigt der Roboter einen Controller. Was ein Controller ist und welcher Controller zum Einsatz kommt, wird in Kapitel 3 näher beschrieben. In dem vierten Kapitel wird darauf eingegangen, mit welchen Motoren am Anfang gearbeitet und warum endgültig ganz andere Motoren eingesetzt werden. Zudem wird in diesem Kapitel erklärt, wie die Ansteuerung der Motoren funktioniert und wie die Stromversorgung für den ganzen Roboter realisiert ist. Warum der Roboter mit einem Zahnriemenantrieb fährt, wie man näherungsweise die Zahnriemenlänge ermitteln kann und welche Allseitenräder es gibt, wird im fünften Kapitel beschrieben. Kapitel 6 beschäftigt sich mit den Sensoren, die eingesetzt werden können. Im siebten Kapitel wird u.a. auf die Standardsensoren, programmiertechnisch, eingegangen. Dort wird auch auf die zur Verfügung gestellten Bibliotheken eingegangen.

2. Allgemeines zu omnidirektionalen Robotern

Omnidirektional angetriebene Fahrzeuge haben den Vorteil, daß sie in alle Richtungen fahren können, ohne sich dabei drehen zu müssen. Ein Roboter muß sich von einem beobachteten Objekt nicht abwenden [Abb.2.1]. Die Räder, Allseitenräder, sind bei einem symmetrischen Antrieb in jeweils 120° angebracht [Abb.2.2].

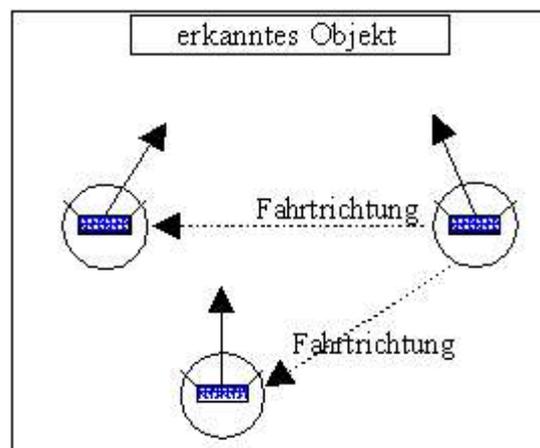


Abbildung 2.1: Fahren ohne Drehung

Durch den Einsatz von Allseitenrädern ist ein solches agieren, in alle Richtungen fahren ohne sich drehen zu müssen, erst möglich. Im Kapitel 5.2 wird näher auf Allseitenräder eingegangen.



Abbildung 2.2: Allseitenräder symmetrisch

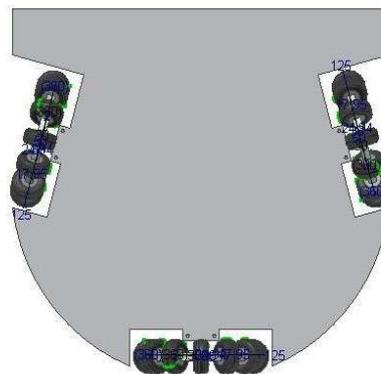


Abbildung 2.3: Allseitenräder der FU-Fighters

Ein weiterer Vorteil ist, daß der Wendekreis bei diesen Fahrzeugen gleich null ist. Ein omnidirektionales Fahrzeug kann im Stand drehen. Ein Nachteil ist, das der Energieaufwand bei einer Vorwärtsfahrt höher ist, als der bei einem Ackermann- oder Dreiradantrieb. Die Räder beim omnidirektionalen Antrieb werden so angesteuert, daß diese sich zueinander drehen [Abb.2.4]. Das nicht angesteuerte Rad sollte immer gezogen werden, da es sonst die Fahrt beeinflussen könnte. Das gezogene Rad kann zum Korrigieren der Fahrtrichtung eingesetzt werden.

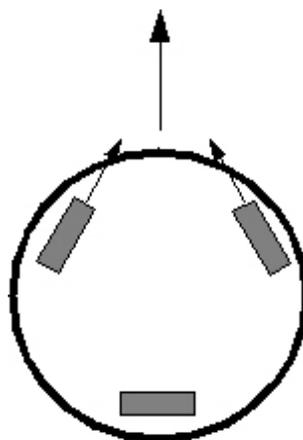


Abbildung 2.4: Fahrtrichtung

Die Roboter der FU-Berlin, die FU-Fighters (FU-Berlin), fahren zwar auch omnidirektional, aber bei diesen Robotern sind die Räder etwas anders angeordnet [Abb.2.3]. Die Räder sind so angebracht, daß es eine bevorzugte Seite zur Vorwärtsfahrt gibt. Dadurch sind die Fußball-Roboter schneller und der Energieverbrauch beim „Stürmen“ aufs Tor ist geringer. Die Räder werden so angebracht, daß sie für ihren Einsatzbereich am effizientesten arbeiten.

3. Controller

Damit einem Roboter Leben eingehaucht werden kann, benötigt er ein elektronisches Gehirn. Dieses Gehirn ist ein sogenannter Controller, auf dem es einen Prozessor und mehrere Ein- und Ausgänge für Aktoren und Sensoren gibt.

Vom PC wird ein selbst geschriebenes Programm an diesen Controller übertragen, welches dem Roboter angibt, wie er agieren bzw. unter bestimmten Umständen reagieren soll. Damit der Roboter auf verschiedene äußere Umstände reagieren kann, müssen/können an den Controller unterschiedliche „Sinne“, Sensoren [Kap.6], angeschlossen werden. Ein Sinn, das Fühlen, kann durch Taster realisiert werden. Wenn der Roboter gegen Gegenstände oder Wände fährt, geben die Taster ein Signal, so daß der Roboter eventuell seine Fahrtrichtung ändert. Zum Sehen kann man eine oder aber auch mehrere Kameras an den Controller anschließen. Andere optische Sensoren wären z.B. PSD's [Kap 6.1]. Roboter der neueren Generation können auch auf akustische Signale reagieren (HR2). Für autonome Roboter spielt der Controller eine wichtige Rolle, da es darauf ankommt, welche und wieviele Sensoren angeschlossen werden können. Ein weit verbreiteter Controller ist das MIT 6.270. In vielen Hochschulen, so auch in der HAW-Hamburg, wird und wurde dieses Board eingesetzt. Der Roboter von Michael Manger (DAMM04) fuhr noch mit diesem Controller. Das MIT 6.270 (MIT6.270) hat 8 digitale und 16 analoge Eingänge. Es können maximal 4 Motoren angeschlossen werden. Da das MIT 6.270 ein etwas älterer Controller ist, wurde auf einen neueren Controller zurückgegriffen. Der neue Controller bietet erstens mehr Anschlußmöglichkeiten für Aktoren und Sensoren und zweitens ist er Erweiterungs-fähig. Das sogenannte *AkSen-Board* wurde an der Fachhochschule Brandenburg entwickelt. Das AkSen-Board eignet sich zwar generell zur Steuerung von kleinen Robotern, der Einsatz von Kameras ist jedoch erst durch eine Erweiterung, zum RCube [Abb.3.1], realisierbar. Das Herzstück des RCube (Brandenburg) bildet jedoch eine kompakte CPU-Karte, die sich unter dem AkSen-Board befindet. Als Prozessor dient ein StrongARM mit 200MHz, 32MB RAM sind als Arbeitsspeicher eingesetzt und als Betriebssystem wird ARM-Linux verwendet. Um Kameras anzuschließen, gibt es noch ein VIO-Board, welches auch unter das AkSen-Board angebracht wird; „Sandwich-Bauweise“. An dieses VIO-Board können maximal 4 Kameras angeschlossen werden. An dem VIO-Board gibt es zudem auch einen

Monitorausgang, um sich ein Kamerabild ausgeben zu lassen.

Lars Brandt (DALB05) hat parallel zu dieser Diplomarbeit eine Diplomarbeit über Objektverfolgung geschrieben. Hierbei wird eine Kamera an das VIO-Board angeschlossen. Eine Kamera wird dabei an zwei Servos befestigt, um die Objekte nicht nur horizontal sondern auch vertikal zu verfolgen. Diese Servos sind wiederum an die Motorports des AkSen-Boards angeschlossen.

Die Kommunikation der einzelnen Boards untereinander findet über einen CAN-Bus statt. Die Aktoren und Sensoren, außer Kameras, werden an das AkSen-Board geschlossen, welches folgende Eigenschaften hat (nur die wichtigsten Daten):

- 16 digitale Ein- / Ausgänge
- 15 analoge Ein- / Ausgänge
- 4 Motortreiber, max. 1000 mA
- 3 bis 11 Servoausgänge
- 1 modulierter IR-Ausgang; 40 kHz

Wichtig ist, wenn Motoren an die Motorports angeschlossen werden, dürfen diese pro Port nicht mehr als 1000 mA ziehen. Es besteht sonst die Gefahr, daß die auf dem AkSen-Board befindlichen Motortreiber zerstört werden.

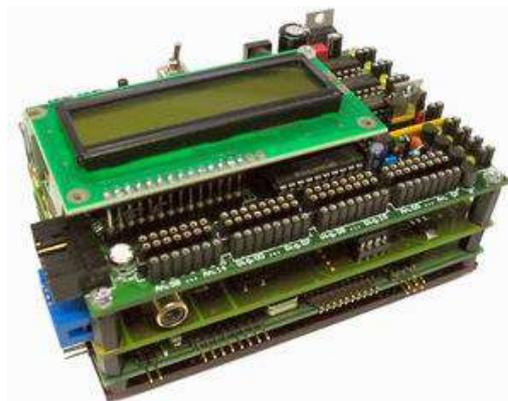


Abbildung 3.1: RCube

Die Geschwindigkeitsregelung wird mittels PWM [Kap.4.3] über das AkSen-Board realisiert. Über das Display am AkSen-Board kann man sich die momentanen Zustände der angeschlossenen Aktoren und Sensoren ausgeben lassen. Im autonomen Betrieb besteht die Möglichkeit, auf einem zusätzlichen Board, dem CF-Modul, Daten von einer CompactFlash-Karte zu lesen oder auf diese Karte zu schreiben. Somit könnte man eventuell, nach dem Fahrbetrieb des Roboters, die gesammelten Daten auswerten.

4. Antriebseinheit

In diesem Kapitel wird auf die unternommenen Versuche eingegangen, einen vernünftigen, mechanisch stabilen Antrieb für den Roboter zu finden. Um Kosten zu sparen, wurde auf Akku-Bohrmaschinen zurückgegriffen, da diese einige nützliche Komponenten liefern. Es wird gezeigt, wie gut diese Komponenten sind, welche Stärken und Schwächen sie mit sich bringen. Es gilt in diesem Kapitel zu zeigen, wie die Stromversorgung realisiert wurde, wie die Motoren angesteuert werden und wie die Geschwindigkeit geregelt wird.

4.1 erster Entwurf

Bei dem Vorgängermodell wurden für den Antrieb umgebaute Servos, *Giga Line Standard* [Abb.4.1], eingesetzt. Nachteile dieser Motoren für dieses Projekt sind jedoch:

1. das Getriebe
2. das Drehmoment
3. die Befestigungspunkte am Gehäuse

Das Getriebe der Servos ist aus Kunststoff und das Drehmoment eines Servo liegt bei ca. 31 Ncm. Am Gehäuse befinden sich vier Befestigungspunkte, die ebenfalls aus Kunststoff [Abb.4.1] sind. Da der komplett zusammengebaute Roboter ca. 5 kg wiegt, wurde auf den Einsatz dieser Motoren verzichtet, da diese Motoren unweigerlich zerstört werden würden. Durch das Gewicht des Roboters würde das Kunststoffgetriebe, auf Grund des geringen Drehmomentes, extrem belastet. Bei höchster Geschwindigkeitsstufe und schnellen Richtungsänderungen wären zudem die Kunststoff-Befestigungspunkte, am Gehäuse, hohen Belastungen ausgesetzt. Dadurch hätte die Möglichkeit bestanden, daß die Motoren sich lockern und somit nicht mehr als Antriebselemente dienen könnten. Bei Versuchen von Timo Storjohann mit dem Vorgängermodell, zu seiner Diplomarbeit (DATS05), wurde ein Motor, unter

anderem durch Erhöhung der Betriebsspannung, komplett zerstört. Eine höhere Betriebsspannung als 5 Volt sollte an diese Motoren nicht angelegt werden.



Abbildung 4.1: Servo

Es gibt nur einen Vorteil, den diese Motoren hätten: ihr Gewicht. Diese Motoren wiegen nur 9 Gramm und würden sich bei einem kleineren und vor allem leichteren Roboter bestimmt gut eignen. Trotzdem wurde auf Grund der genannten Nachteile auf Akku-Bohrmaschinenmotoren zurückgegriffen [Kap.4.1.1].

4.1.1 Bohrmaschinenmotoren

Die Bohrmaschinenmotoren haben zur Befestigung direkt im Gehäuse drei Aufnahmepunkte mit Gewinde. Da das Motorgehäuse aus Metall besteht, kann man die Motoren recht fest an einen Motorwinkel bzw. an die Motorhalterung festschrauben. Die Motoren wirkten, obwohl kein Getriebe angebracht war, recht stark. Bei einer Betriebsspannung von 12 Volt betrug die Stromaufnahme im Leerlauf ca. 700 mA. Da man je Motorport des AkSen-Board maximal 1 Ampere ziehen darf, mußten zur Ansteuerung der Motoren Motortreiber [Kap.4.5] zwischen das Board und die Motoren geschaltet werden. Bei Belastung eines Motors war ein Stromverbrauch von ca. 1700 mA zu messen. Im Einschaltmoment betrug die Stromspitze über 2 Ampere. Trotz der relativ hohen Ströme, fuhr der Roboter eher schlecht, teilweise gar nicht. Durch ein leichtes Anstoßen fuhr der Roboter erst los. Auf Teppich rollte der Roboter keinen Millimeter; auf PVC-Boden rollte der Roboter eher schlecht. Durch diese Erkenntnis, sollten die Motoren mit 18Volt betrieben werden, da der Gedanke kam, daß bei mehr Leistung der Roboter sich schon bewegen würde.

Das Problem: Durch eine größere Betriebsspannung stieg der Strom. Die Stromaufnahme war so groß, daß ein Motortreiber durchbrannte. Das eigentliche Problem hierbei liegt darin, daß die Motoren ohne Getriebe kein bzw. kaum Drehmoment haben. Wenn die Bohrmaschinenmotoren mit Getriebe an die Antriebseinheit angebracht worden wären, wäre der Roboter auch mit einer Betriebsspannung von 12 Volt gefahren. Ein Nachteil wäre hierbei jedoch aufgetaucht: Die Grundplatten wären größer ausgefallen, da ein Motor mit Getriebe eine Länge von mindestens 150 mm hat. Der Roboter hätte im Endeffekt dann in der Antriebseinheit einen Durchmesser von ca. 400 mm. Aus diesem Grund wurden dann Motoren aus dem Modellbaubereich genommen [Kap.4.2.1].

4.2 endgültiger Entwurf

Durch die aufgetretenen Probleme mit den Bohrmaschinenmotoren wurde auf kraftvolle Motoren aus dem Modellbau gesetzt. Da es bei dem Roboter nicht auf Geschwindigkeit ankommt, hat der neue Motortyp eine maximale Drehzahl von 200 U/min und ein maximales Drehmoment von 60 Ncm. Die Untersetzung beträgt 30:1.

4.2.1 Getriebemotoren RB – 35

Zum Einsatz kommen nun Motoren mit Planetengetriebe. Das Einbauen der Motoren gestaltete sich als sehr unkompliziert, da die Motorwinkel kaum mechanisch bearbeitet werden mußten. Es mußten nur drei Löcher für die Aufnahme gebohrt werden. Da ein Getriebemotor RB-35 [Abb.4.2] (RB-35) fast so lang wie ein Bohrmaschinenmotor ist, kam es auch hier zu keinen weiteren Problemen. Die Motoren werden mit einer Betriebsspannung von 12 Volt betrieben. Unter Last hat ein Motor, laut Datenblatt (Anhang D), eine Stromaufnahme von unter 250 mA. Der Motor hat, durch das Getriebe so viel Drehmoment, daß der Roboter sowohl auf PVC-, wie auch auf Teppichboden fährt.



Abbildung 4.2: Getriebemotor RB-35

Da die Motoren ein Drehmoment von 60 Ncm haben, fährt der Roboter ohne ihn anzustoßen zu müssen. Der Motor hat eine Leerlaufdrehzahl von 200 U/min.

4.3 Pulsweitenmodulation PWM

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, Gleichstrommotoren elektronisch anzusteuern und somit die Geschwindigkeit zu regulieren. Entweder man schließt eine Spannungsquelle an und dreht die Spannung langsam hoch bzw. runter oder man betreibt den Motor mit PWM, Pulsweitenmodulation.

Die Pulsweitenmodulation (PWM) nutzt „die Trägheit“ der elektrischen Komponenten, hier die Motoren aus, um die Geschwindigkeit zu regulieren. Bei der PWM wird über die Zeit gerechnet, das heißt, daß der Mittelwert gebildet wird. Die Einschaltdauer spielt hierbei also die große Rolle.

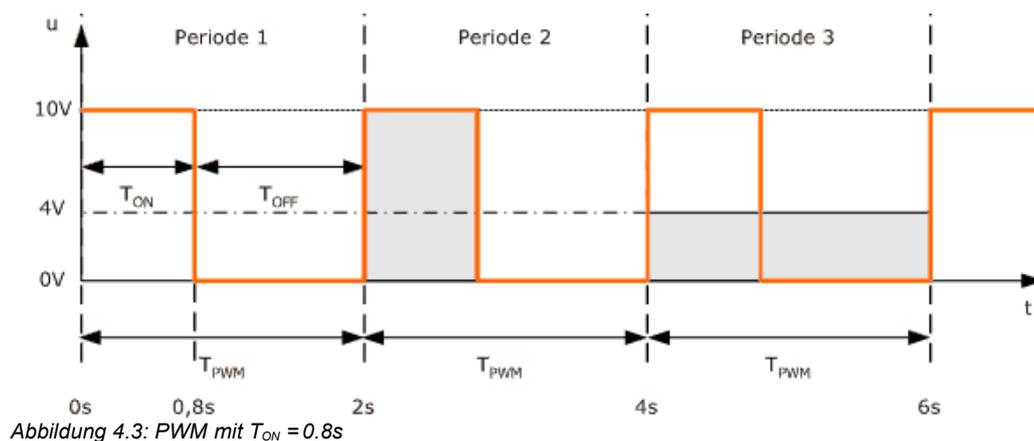


Abbildung 4.3: PWM mit $T_{ON} = 0.8s$

Bei der PWM geht es um das Verhältnis Einschalt- zu Ausschaltdauer. Je länger die Einschaltdauer, desto schneller dreht sich der Motor. Das heißt, je länger die Einschaltdauer, desto höher der Mittelwert. In dem Beispieldiagramm [Abb.4.3] kann man sehen, daß T_{ON} , die Einschaltdauer, hier 40% ($d_{ED} = 0.4$) der gesamten Periodendauer ($d_P = 1.0$) dauert. Daraus ergibt sich, daß

$$T_{ON} = \text{Einschaltdauer } d_{ED} * \text{Periodendauer } T_{PWM}$$

$$T_{ON} = d_{ED} * T_{PWM}$$

$$\underline{T_{ON} = 0.4 * 2s = 0.8s}$$

Die Einschaltdauer beträgt 0.8s. Die Ausschaltzeit errechnet sich dann folgendermaßen:

$$T_{OFF} = (\text{Periodendauer } d_P - \text{Einschaltdauer } d_{ED}) * \text{Periodendauer } T_{PWM}$$

$$T_{OFF} = (1 - T_{ON}) \cdot T_{PWM}$$

$$\underline{T_{OFF}} = (1 - 0.4) * 2s = \underline{1.2s}$$

Für den Mittelwert (u_M) ergibt sich dann folgende Spannung:

$$u_M = \text{Einschaltdauer } d_{ED} * \text{Gesamtspannung } U_G$$

$$u_M = d_{ED} * U_G$$

$$\underline{u_M} = 0.4 * 10V = \underline{4V}$$

Das AkSen-Board betreibt die angeschlossenen Motoren mit PWM. Die Motoren werden programmiertechnisch über

„`void motor_pwm(unsigned char motor, unsigned char power)`“

angesprochen. Es gibt 10 Geschwindigkeitsstufen, von 1 = langsam bis 10 = schnell. Wenn als `power`-Wert eine null angegeben wird, wird der angeschlossene Motor ausgeschaltet. Das heißt, das der Mittelwert von null Volt bis zur Betriebsspannung, `power = 10`, geschaltet wird.

4.4 Stromversorgung

Alle elektronischen Bauteile auf dem Roboter, die Motoren, das AkSen-Board, die Sensoren und die Verstärker, werden über die Motortreiber-Platine [Kap.4.5] mit Strom versorgt. Für die Stromversorgung des Roboters werden die Akkus der Bohrmaschinen verwendet. Da sich bei einer 18Volt-Akkubohrmaschine 15 Akkus in dem Batteriepack befinden, wurden aus diesen 15 Akkus drei Akkupacks erstellt. Auf der Motortreiber-Platine können mindestens vier, maximal sechs Akkupacks [Abb.4.4] zu einer Gesamtspannung von 12 V geschaltet werden. Pro Akkupack sind 5 NiCd in Reihe gelötet. Ein Akku hat folgende Eigenschaften: 1,2 Volt; 1200 mAh.

Dadurch ergibt sich pro Akkupack eine Spannung von 6 Volt. Das AkSen-Board kann mit einer Spannung von 6 bis 9 Volt betrieben werden. Der Vorteil von NickelCadmium-Batterien ist, daß man in kurzer Zeit große Ströme ziehen kann.



Abbildung 4.4: Akkupack

Die Motortreiber werden über einen L7805 (siehe Schaltplan [Kap.4.5]) mit einer Spannung von 5 Volt versorgt. Die Motortreiber wirken wie Relais. Dadurch ist es möglich, die Motoren mit einer höheren Spannung und größeren Strömen zu versorgen. Wenn man keinen Motortreiber zwischen die Motorports des Boards und der Motoren schalten würde, dann hätte man die Motoren nur mit der Betriebsspannung des Boards versorgen können. Das heißt, die benötigte Energie für die Motoren würde dann über die Batterien des AkSen-Boards gespeist. Die Sharps werden über Verstärker mit Strom versorgt. Die Verstärker können mit einer maximalen Spannung von 9 Volt gespeist werden.

4.4.1 Ladegeräte

Die zu den Akkubohrmaschinen gehörigen Ladegeräte werden hier, nur etwas modifiziert, wieder eingesetzt. Da die originalen Akkupacks der Bohrmaschinen aus 15 zusammengeschlossenen 1,2 Volt-Akkus bestehen, mußten diese nun für die Anforderungen des Roboter geändert werden.

Wie schon in Kapitel 4.4 erwähnt, mußten die 15 Akkus zu drei Packs mit jeweils 5 Akkus gesplittet werden. Da diese neuen Akkupacks mit Steckern versehen wurden, mußten die Ladegeräte angepasst werden. Die Elektronik wurde dazu aus den Ladegeräten herausgenommen. Die Elektronik wurde mit drei Buchsen versehen und in ein geschlossenes Gehäuse gebaut. Nun können pro Ladegerät drei Akkupacks geladen werden. Das heißt, es müssen drei Akkupacks eingesteckt werden, damit sie geladen werden. Für dieses Projekt wurden zwei Ladegeräte umgebaut [Abb.4.5].



Abbildung 4.5: Ladegeräte

4.5 Motortreiber

Die Motortreiber [eagle] werden eingesetzt, da sonst an den Motorports des AkSen-Board keine Motoren eingesetzt werden dürfen, die eine größere Stromaufnahme von einem Ampere haben. Motoren, die direkt an das Board angeschlossen werden, könnten zudem dann nur mit der Betriebsspannung des AkSen-Board gespeist werden; von 6 bis 9 Volt. Wenn keine Treiber [Strolch] eingesetzt werden, die angeschlossenen Motoren aber mehr als einen Ampere ziehen würden, besteht die Gefahr, daß Bausteine auf dem Board, zum Beispiel Treiber „durchgeschossen“ werden. Die Motortreiber kann man als eine Art Relais sehen. Mit kleinen Signalen kann man elektronische Bauteile steuern, die entweder große Spannungen und/oder hohe Ströme benötigen. Als Treiber werden zwei L298-Bausteine, Multiwatt 15, eingesetzt. Pro Baustein stehen zwei Treiber zur Verfügung. Ein Treiber kann für einen Arbeitsstrom bis zwei Ampere eingesetzt werden. Eine maximale Stromspitze, z. B. im Einschaltmoment, $t=100\mu\text{s}$, darf maximal 3 Ampere betragen (L298). Die Dioden dienen als Freilaufdioden [Abb.4.6]. Die IC's werden, weil die Motoren jeweils eine induktive Last darstellen, durch die Freilaufdioden geschützt.

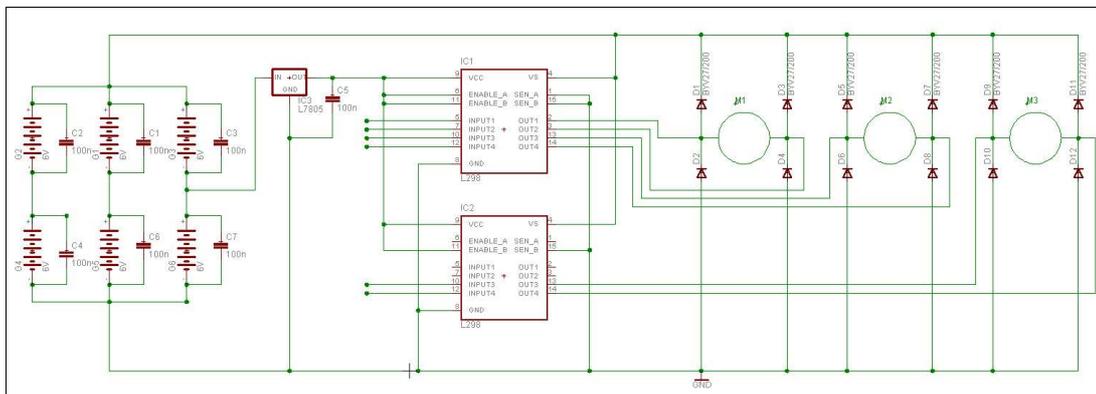


Abbildung 4.6: Schaltplan Motortreiber für 12Volt

Zudem werden die Motoren sofort gebremst und lassen den Roboter nicht ausrollen. Die Kondensatoren sind in die Schaltung integriert, um Störspannungen, wie Frequenzen, auszufiltern.

Die L298-Bausteine können Spannungen bis 50 Volt schalten, woraus sich hier natürlich auch die Möglichkeit ergibt, später größere, stärkere Motoren dem Roboter einzusetzen und anzusteuern.

Die Motortreiber-Platine dient zudem auch als „Energieverteiler“. Die Akkupacks werden auf dieser Platine, in reihe und parallel, zu 12 Volt zusammengeschaltet. Es können maximal sechs, es müssen aber mindestens vier Akkupacks angeschlossen werden. Dadurch wird gewährleistet, daß die einzelnen Komponenten genug Energie bekommen, so daß der Roboter eine vernünftige Laufzeit hat.

5. Antriebsarten

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, Roboter anzutreiben bzw. in Bewegung zu setzen. Auf einige Antriebsarten und deren Funktionsweise wird in der Diplomarbeit von Michael Manger (DAMM04) etwas näher eingegangen.

In diesem Kapitel wird beschrieben, welche Allseitenräder eingesetzt werden und es wird erklärt, welche verschiedenen Modelle es gibt. Es werden zwei Möglichkeiten der Kraftübertragung von der antreibenden Welle zur angetriebenen Welle näher beschrieben. Außerdem wird erklärt, warum ein Zahnriemenantrieb eingesetzt wird.

Eine allgemeine Information für „Hardware-Geschwindigkeitsregelung“ am Beispiel mit Ritzel (ganz adäquat verhält es sich mit Zahnriemen):

Untersetzung:

Wenn man an die antreibende Welle ein kleines Ritzel anbringt und an die anzutreibende Welle ein großes Ritzel, dann hat man eine Untersetzung. Während sich eventuell das Ritzel an der Motorwelle zweimal gedreht hat, hat sich das Ritzel an der anzutreibenden Welle nur einmal gedreht. Der Roboter fährt langsamer.

Übersetzung:

Soll der Roboter jedoch schneller fahren, setzt man eine Übersetzung ein. Während das größere Ritzel an der antreibenden Welle eine Umdrehung macht, hat sich das kleinere Ritzel an der anzutreibenden Welle zweimal gedreht. Der Roboter fährt schneller.

5.1 Lagerung der Antriebswelle

Um überhaupt einen vernünftigen Antrieb zu realisieren, muß die Antriebswelle vernünftig gelagert sein. Es ist unsinnig zu versuchen, einen perfekten Antrieb zu konstruieren, wenn die Antriebswelle schon in der Lagerung zu viel Reibung verursacht. Für die Lagerung der anzutreibenden Welle standen vier Möglichkeiten zur Auswahl:

- Gleitlager
- Clipslager
- Stehlager
- Kugellager

Der Vorteil bei den Gleit- und Clipslagern ist, daß man nur ein Loch bohren muß, um dann die Lager einzusetzen. Die Lager sind sehr abriebsfest, haben aber den Nachteil, daß sie mechanische Ungenauigkeiten in den Lagerböcken nicht ausgleichen können. Das heißt, die Welle würde nicht mit der ganzen Auflagefläche im Lager liegen.



Abbildung 5.1: Stehlager

Der Einsatz von Stehlagern [Abb.5.1] (igus) hat den Vorteil, falls die Lagerböcke nicht 100% gegenüber liegen, daß durch das Gelenk diese Ungenauigkeit „umgangen“ werden kann. Leider dreht sich das Gelenk nicht leichtgängig mit, so daß es sich nicht für diesen „leichten“ Antrieb eignet. Die Letzte und auch sehr einfache Möglichkeit für einen leichtgängigen Antrieb, ist der Einsatz von Kugellagern. Die Kugellager haben ein sehr kleines aber ausreichendes mechanisches Spiel, so daß die Ungenauigkeit in der Lagerung der Welle ausgeglichen werden können.

5.2 Räder

Als Antriebsräder werden, wie schon bei dem Roboter von Michael Manger (DAMM04), Allseitenräder verwendet. Bei diesem Roboter werden Allseitenräder der Firma Interroll mit einem Durchmesser von 80mm eingesetzt [Abb.5.2]. Die Räder haben eine maximale Tragkraft von 250 N.



Abbildung 5.2: Industrie - Allseitenräder

Die Nabe hat einen Sechskantdurchmesser von 11.2 mm. Durch den Sechskant wird der Antrieb noch unterstützt. Es wird keine „spezielle“ Mitnahme, wie bei einer Rundstange als Welle, benötigt. Bei den Allseitenrädern gibt es jedoch verschiedene Modelle mit verschiedener Anzahl an Querrollen [Abb.5.2] [Abb.5.3].



Abbildung 5.3: Roboter - Allseitenräder

Im Bereich der omnidirektionalen Roboter werden unterschiedliche Radtypen eingesetzt. Es ist immer davon abhängig, auf welchem Untergrund der Roboter fahren soll. Querrollen aus weichem Kunststoff, Polyurethan, eignen sich besonders für harten und glatten Untergrund, wie zum Beispiel Glas oder Fliesen. Harte Querrollen eignen sich besser auf weichem Untergrund, u.a. Teppich oder Pappe. Ein weiterer Unterschied bei den Allseitenrädern ist die Anzahl der Querrollen. Wie in Abbildung 5.2 zu sehen, haben die Allseitenräder pro Rad drei Querrollen. Diese Allseitenrollen kommen aus dem Bereich der Fördertechnik, in dem drei Querrollen ausreichend sind. Wenn man die Geschwindigkeit kontrollieren möchte, das heißt genauer die Drehungen der einzelnen Räder, dann kann man die Technik der Odometrie⁵ einsetzen. Je mehr Querrollen am Rad, desto genauer wäre die Auswertung. Zudem könnte man dadurch auch Koordinaten relativ genau anfahren.

⁵ Odometrie kann eingesetzt werden, wenn man die Umdrehungen eines Rades messen möchte. Durch u.a. schwarz-weiß gekennzeichnete Bereiche am Rad kann ein Sensor Impulse messen, die entstehen, wenn von schwarz nach weiß und umgekehrt gewechselt wird. Hier wären es die Übergänge der einzelnen Querrollen.

5.3 Antrieb über Ritzel

Bei dem Vorgängermodell von Michael Manger (DAMM04) wurden drei umgebaute Servos als Antriebsmotoren eingesetzt. Für die Kraftübertragung können verschiedene Zahnräder an die Welle angeschraubt werden [Kap.4.1].



Abbildung 5.4: ineinandergreifende Zahnräder

Wichtig beim Einsatz von Zahnrädern ist, daß die angebrachten Zahnräder richtig ineinandergreifen [Abb.5.4]. Wenn zum Beispiel die Motorwelle und/oder die anzutreibende Welle nicht genau parallel zueinander angebracht sind, dann greifen die Zähne während der Drehung mit verschiedenem Druck ineinander. Das kann zum „eiern“ führen und der Roboter hat dann durch diese Belastung keinen vernünftigen Geradeauslauf. Außerdem können dadurch die Zahnräder, sowie das Getriebe des Motors, zerstört werden. Bei dem Vorgängermodell wurden die Zahnräder und auch die Getriebe der Motoren beim Fahren so sehr belastet, daß sogar ein Motor komplett zerstört wurde. Die Zahnräder brachen von den Verschraubungen an den Motoren weg.

5.4 Zahnriemenantrieb

Da sich der Aufbau von einem Zahnradantrieb relativ einfach gestalten kann, ist ein Zahnriemenantrieb schon etwas komplexer. Es sprechen jedoch, gegenüber Zahnradern, einige Vorteile für den Einsatz von Zahnriemen:

- mechanisch flexibler
- langlebiger
- benötigt bei hohen Drehzahlen keine Schmierung

Das *mechanisch flexibler* erklärt sich dadurch, daß die Zahnräder wesentlich genauer als Zahnscheiben mit Zahnriemen eingebaut werden müssen [Kap.5.1]. Bei dem Einbau von Zahnriemen ist lediglich darauf zu achten, daß sie nicht allzu stramm

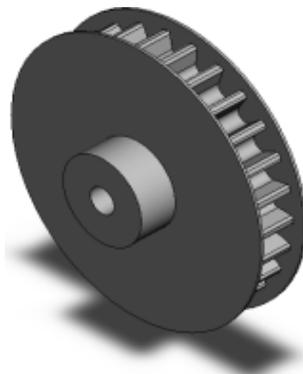


Abbildung 5.5: Zahnscheibe

gespannt sind, da sie sonst den Motor zerstören können. Wenn der Riemen jedoch zu locker sitzt, dann besteht die Möglichkeit, daß der Riemen über die Zähne der Zahnscheibe springt. Die auf der antreibenden Welle angebrachte Zahnscheibe hat eine Führung, die Bordscheiben. Durch diese Führung [Abb.5.5] kann der Zahnriemen während des Laufes nicht von der Zahnscheibe „abrutschen“. Die Langlebigkeit ergibt sich u.a. aus dem Material, abriebfestes Polyurethan. Zudem benötigen die Zahnriemen bei höheren Drehzahlen, wie bei den

Bohrmaschinenmotoren keine Schmierung. Zahnräder müssen bei hohen Drehzahlen geschmiert werden, so daß der Verschleiß möglichst gering gehalten wird. Die Schmierung wird meist in einer Getriebebox realisiert. Ein weiterer Vorteil bei einem einfachen Aufbau ist, daß sich jederzeit, ohne große mechanische Veränderungen, die Zahnscheiben austauschen lassen. So sind allein nur durch die Zahnscheiben verschiedene Geschwindigkeiten realisierbar. Es ist jedoch dabei zu beachten, daß dann die Zahnriemenlänge noch stimmt. Der Zahnriemen müßte eventuell neu berechnet [Kap.5.4.1] und ausgetauscht werden. Da es viele verschiedene Zahnscheibentypen gibt, ist bei einem Tausch der Scheiben auch darauf zu achten, daß die Bohrung für die Welle stimmt. Nicht das die antreibende oder die anzutreibende Welle zu groß ist oder die Bohrung in der Scheibe zu klein.

5.4.1 Berechnung der Zahnriemenlänge

Für einen Zahnriemenantrieb ist es wichtig, daß die Länge des Zahnriemen richtig berechnet wird. Bei einer Übersetzung von 1 ist es recht trivial die Länge zu berechnen [Formel 1].

L_w = Zahnriemenwirklänge

a = Achsabstand

d_w = Wirkdurchmesser der
Zahnscheibe

$$L_w = 2 * a + \pi * d_w$$

Formel 1: Übersetzung $\neq 1$

Da bei diesem Roboter zwei unterschiedlich große Zahnscheiben eingesetzt werden, gibt es Formeln, mit denen man relativ schnell, *näherungsweise* die Länge eines Zahnriemen oder den Achsabstand errechnen kann. Um die Länge, Zahnriemenwirklänge, eines Riemen auszurechnen, benötigt man den Achsabstand und die Teilung des einzusetzenden Zahnriemen [Formel 2]. Die Teilung gibt die Länge eines Zahnes mit dem Zwischenraum zwischen zwei Zähnen an [Abb.5.6].

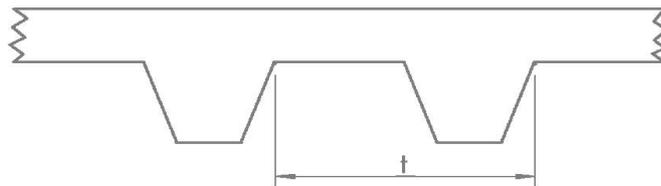


Abbildung 5.6: Teilung t

Für den Antrieb werden Riemen mit einer Teilung von 2,5 eingesetzt. Bei der Berechnung der Zahnriemenwirklänge ist jedoch zu beachten, daß der Achsabstand bekannt sein muß.

Wenn das der Fall ist, dann gilt folgende Formel:

$$L_w = 2 * a + \frac{t}{2} (z_g + z_k) + \frac{\left[\frac{t}{\pi} * (z_g - z_k) \right]^2}{(4 * a)} \text{ mm}$$

Formel 2: Wirklängenberechnung

Für die Parameter z_g und z_k wird die Anzahl der Zähne der Zahnscheiben eingesetzt.

z_g = Anzahl der großen Zahnscheibe

z_k = Anzahl der kleinen Zahnscheibe

Falls man die Wirklänge des Riemen jedoch kennt und den Achsabstand benötigt, dann kann man mit folgender Formel den Abstand errechnen:

$$a = \frac{1}{4} * \left[L_w - \frac{t}{2} * (z_g + z_k) + \sqrt{\left[L_w - \frac{t}{2} * (z_g + z_k) \right]^2 - 2 * \left[\frac{t}{\pi} * (z_g - z_k) \right]^2} \right] \text{ mm}$$

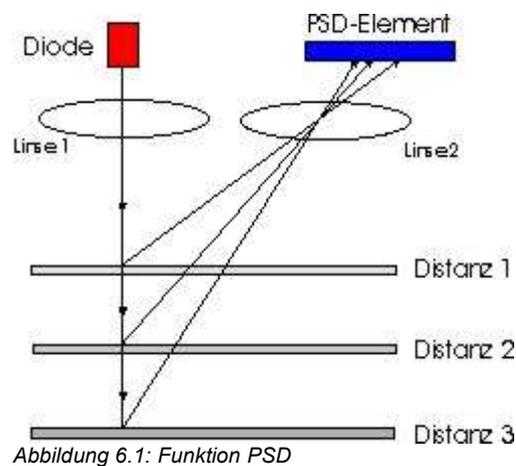
Formel 3: Berechnung des Achsenabstandes

6. Sensoren

Bei dem Roboter werden verschiedene Arten von Sensoren eingesetzt. Es werden sowohl Bumper und PSD's als auch IR-Sensoren eingesetzt. Die Sensoren sollen unter anderem Hindernisse erkennen oder aber auch Objekte verfolgen. In diesem Kapitel wird etwas näher auf die Verwendung und die Spezifikationen der einzelnen Komponenten eingegangen.

6.1 Sharp – Sensoren und Verstärker

Die Sharps werden als Entfernungssensoren eingesetzt, damit der Roboter u.a. nicht an Wände fährt. Dieser Sensor, GP2D12 [Abb.6.2], funktioniert nach dem Prinzip der Triangulation. Sensoren, die mit dieser Methode funktionieren, sind sogenannte PSDs, Position Sensitive Device.



Ein PSD funktioniert folgendermaßen: Ein Sender sendet einen Lichtstrahl aus und trifft ein zu messendes Objekt. Das Objekt reflektiert diffus den Lichtstrahl. Beim Empfänger wird der eintreffende Lichtstrahl mittels einer Linse fokussiert. Je nach Winkel des eintreffenden Lichtstrahls auf einen positionsempfindlichen Empfänger

kann die Entfernung ermittelt werden [Abb.6.1]. Der Sender sendet jedoch kein sichtbares Licht, sondern Infrarot. Der Sharp hat normalerweise einen Meßbereich von 8cm bis 80cm. Je weiter das zu messende Objekt entfernt ist, desto geringer ist das generierte Ausgangssignal. Anhand dieses Signals, analog, wird die Entfernung bestimmt. Dabei entsprechen 2,6 Volt ca. 10 cm und 80 cm entsprechen dann ca. 0,4 Volt (Anhang A). Durch den Einsatz eines an der HAW-Hamburg weiterentwickelten Verstärkers, ist es möglich, daß die Meßweite eines Sharps auf 130cm steigt. Da der Verstärkerbaustein vier Verstärker beinhaltet, können maximal vier Sharps angeschlossen werden [Abb.6.3].



Abbildung 6.2: Sharp GP2D12

Als Verstärker wird ein LM324N eingesetzt.

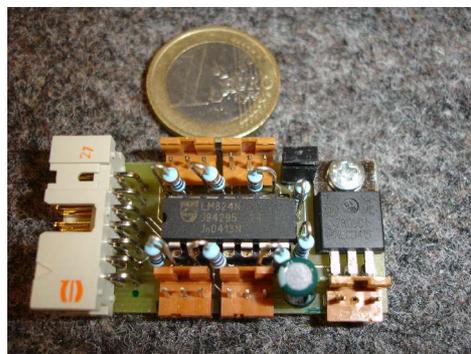


Abbildung 6.3: Verstärkerplatine

6.2 Kamera

Parallel zu dieser Diplomarbeit und der von Lars Brandt (DALB05) hat Oliver Köckritz (DAOK05) eine Diplomarbeit geschrieben, die sich mit „Visuomotorische Bewegungskoordination für mobile Roboter“ beschäftigt. Als Sensor wird hier eine PAL-Farbkamera⁶ verwendet, die an dem Roboter befestigt ist. Die Kamera [Abb.6.4] hat 365k Pixel und ist zudem recht klein, wodurch sie fast überall befestigt werden kann. Als Betriebsspannung wird nur eine Spannung von 5 Volt benötigt.



Abbildung 6.4: CMOS-Farb-Kameramodul 3

Der Blickwinkel der Kamera, field of view, ist $51^{\circ} \times 43^{\circ}$ groß. Eine bzw. max. vier Kameras können an das VIO-Board [Kap.3] angeschlossen werden.

⁶ PAL steht für "Phase Alternating Line" und ist die in Deutschland gültige Fernsehnorm. Sie definiert 625 Zeilen, wovon 576 Bildinformation in sich tragen. Auf normalen Fernsehern sind allerdings meist noch weniger Zeilen sichtbar. Die Bildwiederholungsrate beträgt 50 Halbbilder pro Sekunde. Die Farben werden im YUV – Farbraum übertragen.

6.3 Bumper

Ein ganz effektiver aber auch einfacher Sensor ist der Bumper. Der Bumper soll für den Roboter den *Not Aus* darstellen. Für den Fall, daß die optischen Sensoren am Roboter „ausfallen“ sollten, dann sind die Taster die Sensoren, die auf Berührung reagieren. Die Taster sind rings um den Roboter angebracht. Somit ist es ausgeschlossen, daß eventuell eine Seite des Roboters sensortechnisch nicht abgedeckt ist. Insgesamt sind sechs Taster als Bumper am Roboter angebracht, die untereinander mit einem Draht verbunden sind [Abb.6.5]. Es sind immer zwei Taster in Reihe geschaltet,



Abbildung 6.5: verbundene Bumper

so daß es zur Auswertung 2^3 Möglichkeiten gibt. Wenn alle Taster in Reihe geschaltet wären, dann kann nicht eruiert werden, wo ein Bumper ausgelöst hat. So, mit den 8 Möglichkeiten, kann wenigstens bestimmt werden, ob bei einer Vorwärtsfahrt von hinten ein anderer Roboter in einen selbst reingefahren ist oder ob es sich wirklich um eine Wand, eventuell frontal oder seitlich, handelt.

Am AkSen-Board kann man die Schalter an die Digital-Eingänge anschliessen, da ein Taster einen Pegel weiterleitet. Ein offener Taster signalisiert ein high, ein geschlossener Taster ist ein low. Die Taster konnten nicht horizontal angebracht werden, da sie nicht geschaltet haben, wenn der Roboter gegen ein Hindernis gefahren ist.

6.4 IR – Sensoren

Für IR-Sensoren gibt es verschiedene Einsatzgebiete. Die Infrarot-Sensoren können als Distanzsensoren [Kap.6.1] oder aber auch als reine Empfänger eingesetzt werden. Die Sharps sind zwar IR-Sensoren, jedoch werden die nur als Distanzmesser/Sensoren eingesetzt. Bei dem Vorgängermodell wurden IR-Sensoren als Ballsensoren und Torsensoren eingesetzt. In einem Ball befinden sich Infrarot-Sendedioden, die permanent, durch eine Batterie gespeist, senden. Am Roboter befinden sich Empfangsdioden, die die Stärke des Infrarotsignals an den Controller weiterleiten. Für die Torerkennung gilt das gleiche Prinzip, nur kommen hier verschiedene Frequenzen „ins Spiel“. Die Tore, sogenannte Beacon [Abb.6.6], sind wie ein Ball, Infrarot-Sender. Die Frequenzen liegen entweder bei 100Hz oder 125Hz. Einen anderen Einsatz von Ir-Sende- und Empfangsdioden hat Oliver Köckritz (DAOK05) mit dem neuen Roboter realisiert. Der Roboter „dribbelte“. Durch die Messung der Intensität des reflektierenden Infrarot-Signals erkennt der Roboter, ob sich der Ball nach links oder rechts bewegt. Der Roboter „dribbelt“ den Ball vor sich her.

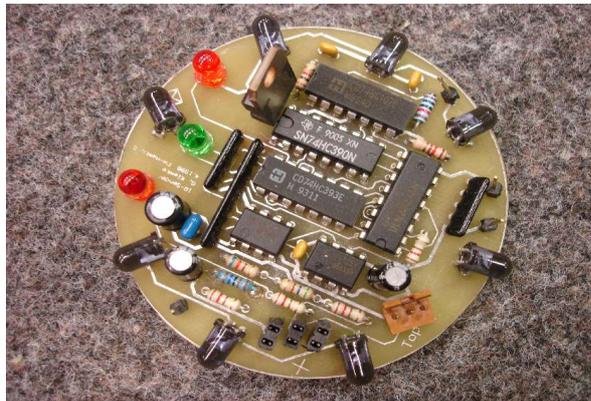


Abbildung 6.6: Beacon

7. Konstruktion der Experimentalplattform

In diesem Kapitel wird auf die zwei Roboter, das Vorgängermodell und die bei dieser Diplomarbeit entstandene Experimentierplattform, näher eingegangen. Das Vorgängermodell wird etwas näher beschrieben und es werden auch Probleme erläutert, die ersichtlich wurden, als u.a. Timo Storjohann (DATS05) mit dem Roboter für seine Diplomarbeit Versuche durchführte. Zudem wird in diesem Kapitel gezeigt, wie der neue Roboter mechanisch zusammengebaut ist. Dann wird auf die eingesetzte Sensorik und auf den Antrieb von der programmiertechnischen Seite eingegangen, sowie auf die Bibliotheken, die bereitgestellt werden. Es wird erläutert, welche Sensoren als Standardsensoren eingesetzt sind und warum sie eingesetzt werden.

7.1 das Vorgängermodell – der Fußballspieler

Der omnidirektionale Fußballroboter, den Michael Manger (DAMM04) im Rahmen seiner Diplomarbeit erstellte, war an der Hochschule für Angewandte Wissenschaften in Hamburg der erste seiner Art. Da der Roboter bei Wettkämpfen eingesetzt werden sollte, mußte nicht nur auf die Größe, sondern auch auf das Gewicht geachtet werden. Da es keine Gewichtsbeschränkung für die Roboter der RoboCup-Junior-Soccer-League gibt, ein Roboter aber im leichteren Zustand schneller fährt, wurden bei dem Modell die einzelnen Ebenen aus Acryl gefertigt. Verbunden wurden die Ebenen mit Gewindestangen. Wegen des kompakten Aufbaus waren die Komponenten Verstärker der Sharps, Batteriepacks etc. auf dem Roboter sehr eng verbaut [Abb.7.1]. Da einige Sensoren an rotierende Teile angebracht wurden, wie zum Beispiel die als Distanzmesser eingesetzten Sharps zwischen den Ebenen 2 und 3, kam es häufiger zu Leitungsbrüchen. Durch diese Leitungsbrüche mußte der Roboter teilweise zerlegt werden, was recht zeitaufwendig und kompliziert war. Das Problem hätte eliminiert werden können, wenn man statt der normalen Litzen hochflexible Leitungen verwendet hätte.

Ein Problem, daß bei dem Roboter nicht zu eliminieren war, war die Geschwindigkeitsregelung. Durch die Unterdimensionierung der Motoren [Kap.4.1]

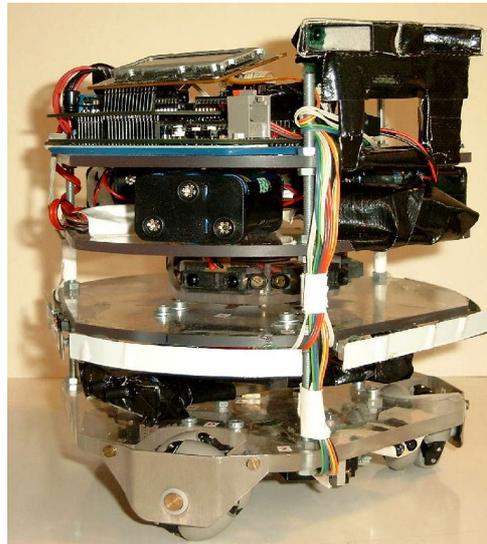


Abbildung 7.1: der Fußballroboter; Prototyp

konnte keine Geschwindigkeitsregelung realisiert werden. Die Motoren, umgebaute Servos, konnten nur mit der maximalen Geschwindigkeitsstufe betrieben werden, damit sich der Roboter überhaupt bewegte [Kap.7.2.3]. Da sich der Roboter trotz der maximalen Geschwindigkeitsstufe recht langsam bewegte, hat Timo Storjohann (DATS05) versucht, den Roboter mit einer höheren Betriebsspannung zu beschleunigen. Ein Motor hielt diese Belastungen nicht sehr lange stand und wurde bei dem Versuch zerstört.

7.2 der Neue stellt sich vor – die Experimentalplattform

Bevor der Roboter konstruiert wurde, wurden folgende Überlegungen angestellt:

Der Roboter soll

1. relativ leicht sein; verlängert die Laufzeit.
2. stabil werden.
3. modular aufgebaut sein, um Veränderungen vornehmen zu können.

Das verwendete Material für den Roboter ist Aluminium. Dadurch ist der Roboter relativ leicht und trotzdem stabil. Der Roboter wiegt mit dem Aufbau ca. 5 kg. Die Platten in der Antriebseinheit sind jeweils 5 mm stark und durch sechs Lagerböcke miteinander verbunden. Die Antriebseinheit ist mit der AkSen-Board-Platte durch drei 8mm Aluminium Rundstangen/Distanzbolzen verschraubt. Die oberste Platte, die AkSen-Board-Platte, hat einen Durchmesser von 260 mm und ist 2 mm stark. Auf ihr ist das AkSen-Board angebracht. Auf vier Abstandshaltern ist eine Acryl-Platte geschraubt. Unter dieser Platte befinden sich die zwei Verstärker für die Sharps.

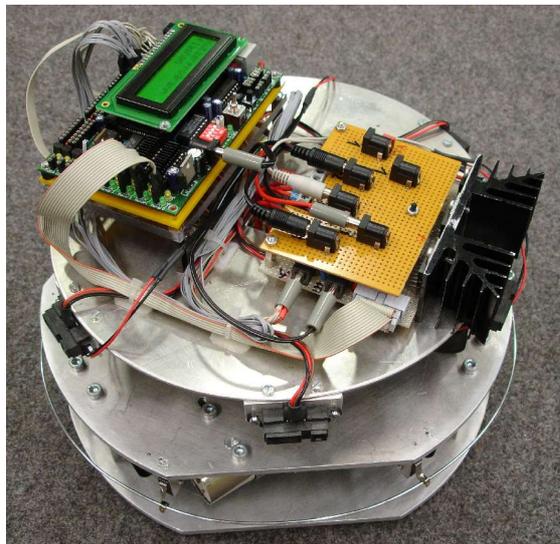


Abbildung 7.2: die Experimentierplattform

Das AkSen-Board hat an der Unterseite eine Schutzplatte, die mit zwei Klebe-Klettbandern versehen wurde. Auf der Acrylplatte sind die Gegenstücke geklebt, so daß das AkSen-Board durch das Klett gehalten wird. So ist es eine einfache Art, das AkSen-Board zu befestigen, ohne Schrauben zu verwenden. Dadurch kann das Board schnell getauscht und gegebenenfalls durch den RCube ersetzt werden. Die Motortreiberplatine wurde so an der AkSen-Board-Platte angebracht, daß der Kühlkörper direkt auf der Platte festgeschraubt werden konnte. Durch diese Montage kann, wenn der Kühlkörper warm werden sollte, die Wärme an die AkSen-Board-Platte weitergeleitet werden. Der Zahnriemenantrieb ist so konstruiert, daß relativ leicht Veränderungen vorgenommen werden können. Wenn die Geschwindigkeit mittels der Zahnscheiben verändert werden soll, kommt man durch lösen der 12 Inbusschrauben von der untersten Platte an den Antrieb. Eine weitere Veränderung gegenüber dem Vorgängermodell ist, daß keine beweglichen, elektronischen Komponenten angebracht sind. Dadurch wird die Fehlerquelle „Leitungsbruch“ eliminiert. Die Bumper sind mit Winkeln senkrecht angebracht, da dadurch die Taster definitiv schalten [Kap.6.3] [Abb.6.5]. Falls nur die Antriebseinheit benötigt werden sollte, müssen neun Schrauben rausgeschraubt werden. Als erstes sind die zwei Befestigungsschrauben für den Kühlkörper unter der Platte zu entfernen. Dann muß die Kreuzschlitzschraube rausgedreht werden, die nun unter der Motortreiber-Platine zum Vorschein kommt. Als nächstes muß das AkSen-Board bzw. der RCube von der Acrylplatte abgenommen werden, die dann auch abgeschraubt wird. Dann kann die nächste Kreuzschlitzschraube gelöst werden. Die dritte Schraube ist, ohne das etwas demontiert werden muß, so zugänglich. Die Leitungen für die Motoren sollten zudem auch gelöst werden. An den Aderendhülsen sind die Leitungen beschriftet, so daß sie später wieder einfach der Reihe nach wieder befestigt werden können. Die Platte kann dann abgenommen werden. Als letztes müssen nur noch die Distanzbolzen rausgeschraubt werden, falls sie nicht erwünscht sein sollten.

7.3 die Standardsensoren des Roboters

An dem Roboter sind als Standardsensoren zwei Sensortypen, Bumper und Sharps, fest angebracht. Die Auflösung der Bumper könnte, wenn gewünscht, noch verbessert werden. Bei den Sharps könnte man den Sichtbereich noch verbessern, indem man die Sharps noch weiter unter der AkSen-Board-Platte befestigt. In diesem Kapitel soll jedoch nicht nur auf die beiden Distanzsensoren eingegangen werden, sondern auch auf weitere Sensoren, wie zum Beispiel Sonar, einzusetzen.

7.3.1 die Bumper

Als Standardsensoren „Typ1“ sind sechs Bumper montiert, da erstens, es eher unwahrscheinlich ist, das die elektronisch ausfallen und zweitens zudem eine sehr einfache Hinderniserkennung darstellen.

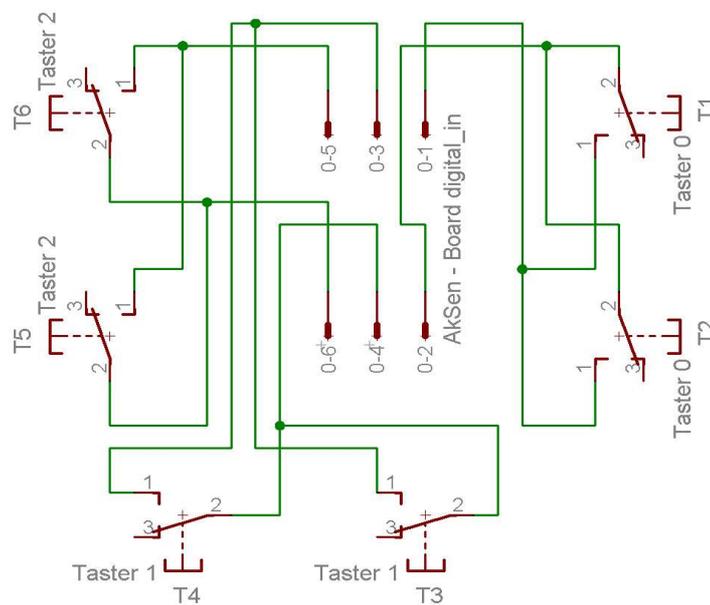


Abbildung 7.3: Parallelschaltung der Bumper

Wie schon in dem Kapitel Sensoren erwähnt, sind sechs Bumper rings um den Roboter angebracht. Es hätte nun die Möglichkeit gegeben, alle Taster separat am AkSen-Board anzuschließen, um dadurch eine genauere Auswertung realisieren zu können. Da die Taster jedoch nur als *Not Aus* bzw. „last chance“ dienen sollen, muß nur ungefähr selektiert werden, wo ein Signal ausgelöst wurde. Ist bei einer Vorwärtsfahrt ein anderer Roboter nur hinten reingefahren oder stand eine Wand im Weg? Die Bumper sind in jeweils 60 Grad-Abständen an der Antriebseinheit festgeschraubt. Da die Auflösung in diesem Fall nicht allzu hoch sein muß, sind aus diesem Grund immer zwei Taster parallel geschaltet [Abb.7.3]. Es ergeben sich trotz dieser Konstellation 2^3 Möglichkeiten. Es kann entschieden werden, auf welcher Seite der Auslöser kam und ob eine Richtungsänderung nötig ist oder nicht. Würden alle Taster einzeln ausgewertet, dann ergeben 2^6 Möglichkeiten. Das würde eine Auswertung zwar sehr präzisieren, es sollten jedoch andere eingesetzte Sensoren schon früher ein Hindernis erkennen. Eine solche Auswertung, mit 64 Möglichkeiten, ist deshalb nicht sehr sinnvoll. Weil die Taster einen Pegel, low oder high, auslösen, müssen diese auf die digitalen Eingänge gesteckt werden.

7.3.2 die Sharps

Als Standardsensor „Typ2“ sind sechs Sharps am Roboter angebracht. Bei den Sharps verhält es sich fast genauso wie bei den Bumpnern. Hier werden jedoch alle sechs Sharps abgefragt und separat ausgewertet. Durch die zwei Verstärker, für die sechs Sharps, können die Sharps Distanzen bis maximal 130cm messen. Je dichter das zu messende Objekt, desto höher ist der ausgegebene Wert. Das bedeutet, je dichter das zu messende Objekt am Sharp, desto höher ist die Spannung, die an den Controller gegeben wird. Die minimalste Distanz ist jedoch 10cm. Das Prinzip der Triangulation ist bei dichteren Messungen mit diesem PSDs technisch nicht anwendbar. Im Controller wird die Spannung in einen Wert gewandelt, von 0 bis 255. Bei Tests wurde gemessen, daß ein ungefährender Wert 180 eine Distanz von ca. 10cm ergibt. Wenn die Sharps weiter unter die AkSen-Board-Platte angebracht werden, dann könnten sie Hindernisse dichter am Roboter erkennen. Ein „Wall follow“ könnte dichter ausgeführt werden. Da bei den Sharps eine Spannung für Distanzen gemessen wird, müssen die Sharps an die analogen Eingänge angeschlossen werden.

7.3.3 weitere Sensoren

Während die Bumper und Sharps Distanzsensoren darstellen, gibt es die Möglichkeit, wiederum nur in Verbindung mit einem RCube, Kameras auf dem Roboter zu platzieren. Oliver Köckritz (DAOK05) hat in seiner Diplomarbeit mit der Experimentierplattform gearbeitet und dabei eine Kamera, für Objekterkennung, platziert.

Anstatt visuelle Sensoren einzusetzen, wäre es auch möglich, mit akustischen Sensoren zu arbeiten. Ultraschall-Sensoren [Abb.7.4] wurden schon an der HAW-Hamburg mit einem AkSen-Board erfolgreich eingesetzt.

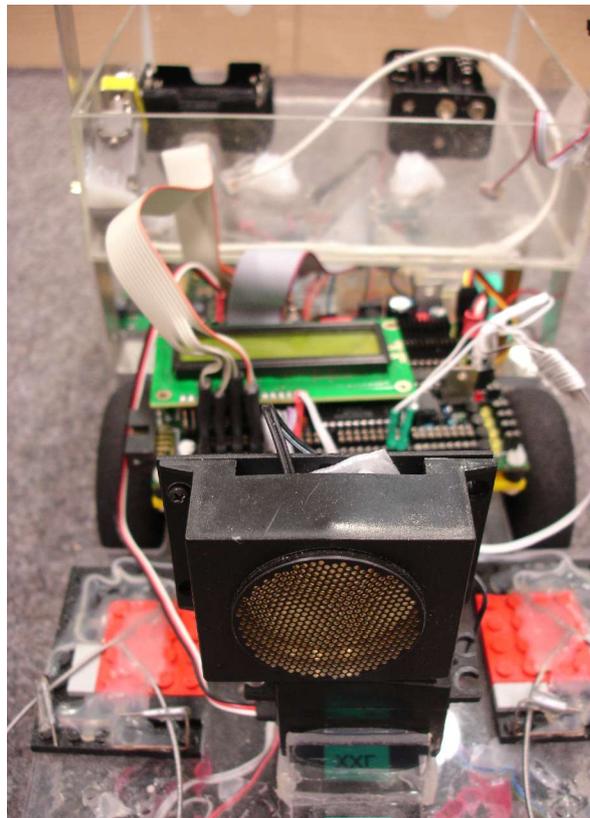


Abbildung 7.4: AkSen-Board mit Ultraschall

Diese Konstellation könnte bei der Experimentierplattform auch montiert werden.

7.4 der Antrieb

Einen omnidirektionalen Antrieb anzusteuern ist recht komplex. Während es bei einer Ackermannsteuerung nur zwei Antriebsmotoren gibt, werden beim omnidirektionalen Antrieb drei Antriebsmotoren angesteuert. Um bei einer Ackermannsteuerung einen bestimmten Winkel anzufahren, kann man einen Servo ansteuern, der dann die lenkbaren Räder in den bestimmten Winkel dreht. Bei einem omnidirektionalen Antrieb kann man sich nur mittels drei nicht lenkbarer Räder fortbewegen [Kap.2]. Wenn man davon ausgeht, daß es drei Steuerungsbefehle zur Ansteuerung eines Motors gibt, dann ergeben sich aus diesen drei Möglichkeiten 27 Möglichkeiten für drei Motoren. Durch diese 27 Steuerungsmöglichkeiten kann der Roboter in verschiedene Richtungen gesteuert werden.

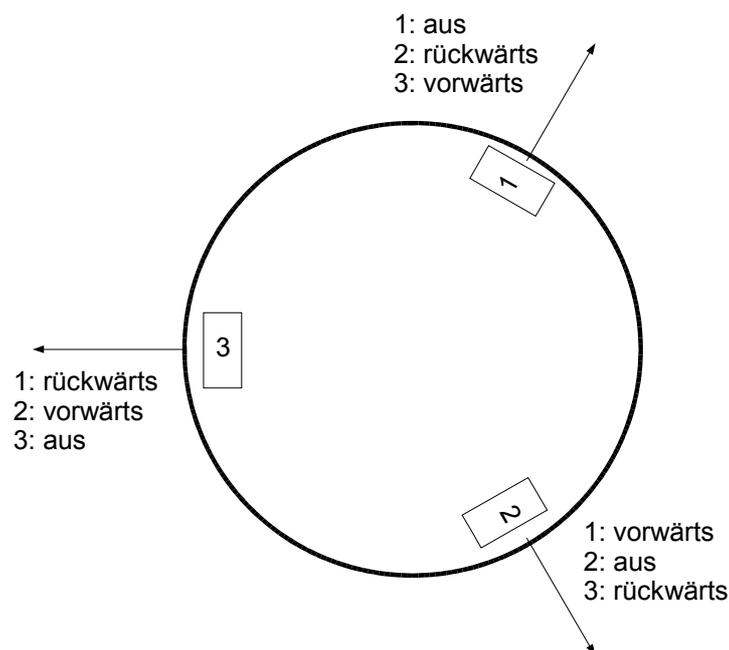


Abbildung 7.5: Ansteuerung der Motoren

In der unten stehenden Tabelle [Tabelle 1] sind mittels folgender „Befehle“

- vorwärts,
- aus,
- rückwärts

die 27 Möglichkeiten angegeben. Was hierbei aber nicht berücksichtigt wurde, sind die verschiedenen Geschwindigkeitsstufen. Durch verschiedene Geschwindigkeitsstufen könnte die Fahrtrichtung nämlich auch noch verändert werden. Es wird bei jedem Motor mit der gleichen Geschwindigkeitsstufe gefahren.

Motor 1	Motor 2	Motor 3	Fahrtrichtung
vorwärts	vorwärts	vorwärts	Drehung im Uhrzeigersinn; im Stand
vorwärts	vorwärts	aus	Drehung im Uhrzeigersinn mit kleinem Radius
vorwärts	vorwärts	rückwärts	Drehung im Uhrzeigersinn mit großem Radius
vorwärts	aus	vorwärts	Drehung im Uhrzeigersinn mit kleinem Radius
vorwärts	aus	aus	Drehung im Uhrzeigersinn mit mittlerem Radius
vorwärts	aus	rückwärts	Fahrt auf 300°
vorwärts	rückwärts	vorwärts	Drehung im Uhrzeigersinn mit großem Radius
vorwärts	rückwärts	aus	Fahrt auf 0°
vorwärts	rückwärts	rückwärts	Drehung gegen den Uhrzeigersinn mit großem Radius
aus	vorwärts	vorwärts	Drehung im Uhrzeigersinn mit kleinem Radius
aus	vorwärts	aus	Drehung im Uhrzeigersinn mit mittlerem Radius
aus	vorwärts	rückwärts	Fahrt auf 240°
aus	aus	vorwärts	Drehung im Uhrzeigersinn mit mittlerem Radius
aus	aus	aus	Steht
aus	aus	rückwärts	Drehung gegen den Uhrzeigersinn mit mittlerem Radius
aus	rückwärts	vorwärts	Fahrt auf 60°
aus	rückwärts	aus	Drehung gegen den Uhrzeigersinn mit mittlerem Radius
aus	rückwärts	rückwärts	Drehung gegen den Uhrzeigersinn mit kleinem Radius
rückwärts	vorwärts	vorwärts	Drehung im Uhrzeigersinn mit großem Radius
rückwärts	vorwärts	aus	Fahrt auf 180°
rückwärts	vorwärts	rückwärts	Drehung gegen den Uhrzeigersinn mit großem Radius
rückwärts	aus	vorwärts	Fahrt auf 120°
rückwärts	aus	aus	Drehung gegen den Uhrzeigersinn mit mittlerem Radius
rückwärts	aus	rückwärts	Drehung gegen den Uhrzeigersinn mit kleinem Radius
rückwärts	rückwärts	vorwärts	Drehung gegen den Uhrzeigersinn mit großem Radius
rückwärts	rückwärts	aus	Drehung gegen den Uhrzeigersinn mit kleinem Radius
rückwärts	rückwärts	rückwärts	Drehung gegen den Uhrzeigersinn; im Stand

Tabelle 1: 27 Ansteuerungsmöglichkeiten

In Abbildung 7.5 wird gezeigt, wie die Motoren angesteuert werden müssen, um den Roboter zum Beispiel, wie in Abbildung 7.6 dargestellt, in die Richtung 300 Grad fahren zu lassen.

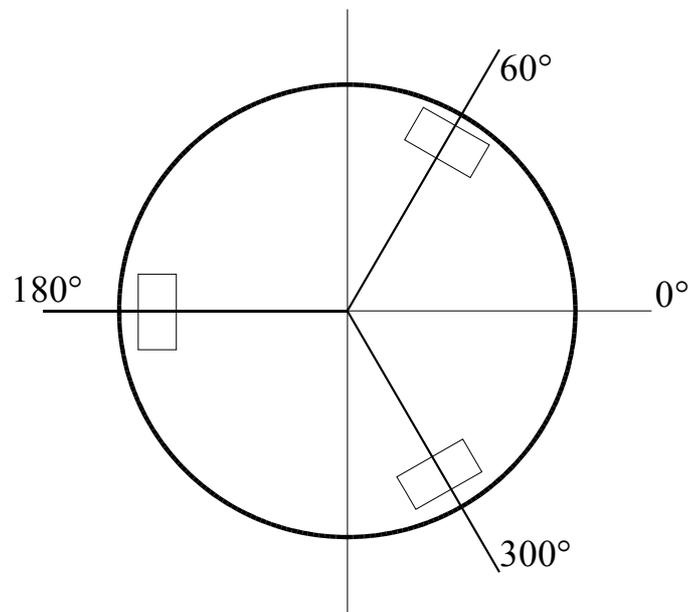


Abbildung 7.6: Einteilung in Grad

7.5 die Bibliothek

Kurz nach der mechanischen Fertigstellung des Roboters ist ein Programm⁷ entstanden, mit dem der Roboter in eine bestimmte Richtung fahren kann. Die Schnittstelle des Programmes ist die Funktion *DriveDegree*. An die Funktion werden zwei Parameter übergeben; erstens der gewünschte, zu fahrende Winkel und zweitens die Geschwindigkeit, in den Geschwindigkeitsstufen von 1 bis 10. Die Geschwindigkeit, mit der der Roboter dann fahren soll, wird jedoch relativiert. Für die Berechnung wird am Roboter eine „Null-Grad-Seite“ bestimmt.

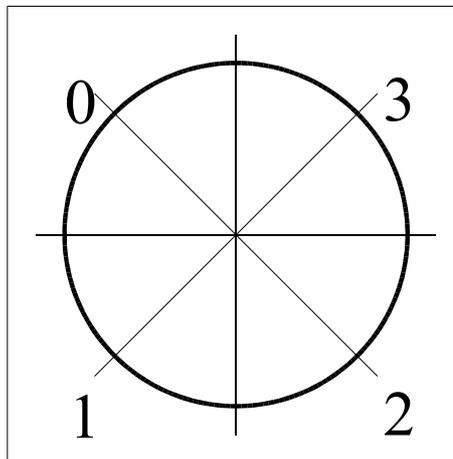


Abbildung 7.7: Aufteilung in Quadranten

Von dieser Seite betrachtet, befinden sich die Räder auf 60° , 180° und 300° [Abb.7.6]. In der Funktion *GetMotorDegreeValue* wird für jedes Rad die Drehrichtung und die zu fahrende Geschwindigkeit ermittelt. Für die Berechnung werden die Räder imaginär auf null Grad angebracht; der eingegebene Winkel wird vom realen Winkel des Rades subtrahiert. Sollte dieser Wert negativ sein, werden 360 Grad zu dem errechneten Wert addiert.

```
motordegree=omnimotordegree[omnimotornr]-degree;
if(!(motordegree>=0)){motordegree=motordegree+360;}
```

⁷ in Zusammenarbeit mit Oliver Köckritz (DAOK05)

Das ergibt, „theoretisch“ gesehen, den gleichen Winkel, nur mit einem positiven Vorzeichen. Am Beispiel: wenn der anzufahrende Winkel 170 Grad sein soll, kommt bei der Subtraktion '60-170' minus 110 heraus. Wenn nun '-110' mit 360 addiert wird, ergibt das 250 Grad. Die Richtung 250° und minus 110° ist gleich. (Für die anderen Winkel: 180-170=10; 300-170=130)

Da der Roboter in Quadranten eingeteilt wurde [Abb.7.7], wird dann bestimmt, in welchem Quadranten das jeweilige Rad sich befindet.

```
omniquant=motordegree/90;
```

Als nächstes wird der Sinuswert bestimmt.

```
motordivdegree=Mod(motordegree,90);
```

Der Funktion *Mod* werden zwei Integer-Werte übergeben. Dann wird, wenn *motordegree* größer 90 ist, durch 90 geteilt. Da es sich um einen Integer-Wert handelt, werden die Nachkommastellen bei einer Multiplikation mit 90, weggelassen. Das Ergebnis wird von *motordegree* subtrahiert.

In einer Tabelle ist der Sinus jeweils von den Zahlen 1 bis 90 eingetragen. Die Werte wurden, um besser rechnen zu können, mathematisch gerundet und mit 100 multipliziert.

```
int sintab[91]={0,2,3,5,...,74,75,78,...,99,100,...,100,100};
```

Das Ergebnis von *motordegree* gibt nun den n-ten Eintrag der Sinustabelle an. Der Wert aus der Tabelle wird dann mit der gewünschten Geschwindigkeitsstufe multipliziert. Da die Werte der Sinustabelle, für Berechnungen, mit 100 multipliziert wurden, muß das wieder rückgängig gemacht werden, indem der Wert durch 100 geteilt wird. Dieser Wert gibt dann an, wie schnell sich ein Rad zu drehen hat. Um die Drehrichtung jedoch zu ermitteln, wird *motordegree* durch 180 dividiert. Ist der Wert gleich eins, muß sich der Motor rückwärts drehen.

7.6 Evaluation von durchgeführten Experimenten

Bei einem Roboterlauf konnte gezeigt werden, daß der Roboter sich mit verschiedenen Geschwindigkeitsstufen fortbewegen kann. Es wurde dabei die Auswertung der Bumper getestet. Sobald der Roboter gegen ein Hindernis gefahren ist, wurde mindestens ein Taster betätigt und hat damit eine Richtungsänderung hervorgerufen. Bei jeder Richtungsänderung wurden dann die Geschwindigkeitsstufen der Motoren geändert. Die Sensoren werden jeweils per Polling abgefragt. Eine while-Schleife läuft immer nur solange, wie kein Ereignis ausgelöst wird. Diese Abfragemethode ist für die Reaktionen des Roboters ausreichend.

Im Rahmen einer Vorführung an der HAW-Hamburg fungierte die Plattform als „Fußballroboter“. Die Ballerkennung, drei Ball-Sensoren [Abb.7.8] mit jeweils vier Ir-Empfangsdioden, wurde an die drei Geraden der Antriebseinheit angebracht.



Abbildung 7.8: Ballensensoren

Da die angebrachte Sensorik keine Rundumsicht bietet, hat sich der Roboter, um den Ball zu finden, beim Suchvorgang um seine eigene Achse gedreht. Wenn eine Infrarotquelle gefunden wurde, ist der Roboter in diese Richtung gefahren. Es konnte gezeigt werden, daß der Roboter den Ball findet und anfährt. Ein Nachteil ist jedoch, daß stark strahlende Halogenlampen den Roboter von dem Ball abgelenkt haben und der Roboter die Halogenlampen und nicht den Ball angefahren hat. Daher ist es beim Einsatz solcher Sensoren in Räumlichkeiten wichtig, auf die Umgebung, u.a. die Beleuchtung, zu achten.

Oliver Köckritz hat für seine Diplomarbeit (DAOK05) einen RCube [Kap.3] verwendet, da er für seine Objekterkennung mit einer Kamera arbeitet. Zudem arbeitet er mit zwei selbstgebauten PSDs, die am AkSen-Board angeschlossen sind. Die Ir-Sensoren ermöglichen es dem Roboter, einen Ball zu dribbeln. Die Sensoren wurden bei der Antriebseinheit an einer Geraden, jeweils außen, angebracht. Die Sensoren messen den Abstand zum „Objekt“. Sollten die Sensoren ungleiche Werte liefern, weil der Ball sich seitlich weg bewegt, wird durch gegenlenken der Ball in waage vor dem Roboter gehalten.

8. Fazit und Ausblick

Es ist ein omnidirektionaler Roboter entstanden, der stärker motorisiert, im Durchmesser größer und vom Aufbau gesehen, stabiler ist, als sein Vorgänger. Die Aufgabe bestand unter anderem darin, daß der Roboter für zukünftige Experimente eingesetzt werden soll. Oliver Köckritz (DAOK05) hat schon kurz nach Fertigstellung des Roboters die ersten Versuche mit dem Roboter erfolgreich durchgeführt. Einige Verbesserungsvorschläge konnten außerdem gleich umgesetzt und erfolgreich getestet werden. Während Oliver Köckritz die ersten Experimente am Roboter durchführte, wurden, wegen des niedrigen Stromverbrauchs der neuen Getriebemotoren, neue Akkus eingesetzt. Zum Einsatz kommen nun NiMH-Akkus, da die Stromaufnahme der Motoren wesentlich geringer ist, als die der Bohrmaschinenmotoren. Da die NiMH-Akkus eine höhere Kapazität haben, müssen diese nicht so häufig geladen werden. Dadurch ergibt sich eine längere Laufzeit des Roboters. Die neuen Akkupacks sind, gegenüber der NiCd-Akkupacks, wesentlich flacher. Dadurch ist es nun möglich, den Sichtbereich der Sharps zu erweitern, indem die Sharps weiter unter die AkSen-Board-Platte montiert werden. Durch diese Veränderung können die Sharps auch Hindernisse, Beispiel Wand, erkennen, die sich dann direkt vor dem Roboter befinden. Wie in der Aufgabe „gefordert“, konnte auch gezeigt werden, daß der Roboter mit verschiedenen Geschwindigkeitsstufen fahren kann. Zudem können, ohne großen Aufwand, am Antrieb Elemente wie zum Beispiel die Antriebs-Zahnscheiben, getauscht werden. Der Tausch der Antriebsmotoren war auch ohne großen Aufwand zu bewerkstelligen. Es muß nur klar sein, daß, wenn man die Zahnscheiben tauschen möchte, es sein kann, daß die Zahnriemen ebenfalls getauscht werden müssen.

Ein weiterer großer Vorteil ist, daß jeder Controller angeschlossen werden kann, der mit Spannungen von mindestens 6 Volt arbeitet. Das heißt, es könnte auch der Vorgänger des AkSen-Board, ein MIT 6.270 [Kap.3] eingesetzt werden. Falls ein Controller eingesetzt werden sollte, der mit mindestens 12 Volt arbeitet, kann die Spannung dann an der Motortreiberplatine [Kap.4.5] abgegriffen werden.

Ein großer Wunsch bei der Realisierung der Diplomarbeit war, einen omnidirektionalen Roboter recht kostengünstig zu erschaffen. Das wurde eigentlich

realisiert, wenn man den Etat der anderen Hochschulen oder Universitäten betrachtet. Abgesehen vom AkSen-Board, könnte man das Grundgerüst eines omnidirektionalen Roboters für ca. 250 Euro bauen. Das AkSen-Board (AkSen) als Bausatz kostet 160,95 Euro; fertig aufgebaut, bestückt und geprüft kostet es 239,00 Euro. Das heißt, man könnte einen omnidirektionalen Roboter, jedoch ohne großartige Sensorik, für 450 Euro zum Leben erwecken. Wenn man, wie anfänglich gedacht, die Komponenten der 18 Volt Akku-Bohrmaschinen verwendet, wäre der Roboter noch günstiger. Es sollte dann aber eine im Durchmesser größere Antriebsheit eingesetzt werden, so daß dann die Motoren mit Getriebe direkt auf die Welle gesetzt werden können. Die Kosten für die Zahnscheiben und Zahnriemen können so umgangen werden. Wie schon in Kapitel 5.2 angesprochen, könnte man auch Odometrie einsetzen. Der Vorteil liegt darin, daß man dem Roboter den Befehl erteilt, daß er die Räder zum Beispiel 5 mal drehen soll. Dadurch kann man den Roboter eine bestimmte, kontrollierte, Strecke fahren lassen, da ein Drehen der Räder ungenauer ist. Ein weiterer Vorteil ist, daß die Geschwindigkeit des Roboters kontrolliert werden kann. Ein Nachteil wäre jedoch, wenn ein oder mehrere Räder durchdrehen. In diesem Fall ist eine jegliche Kontrolle der Geschwindigkeit oder des angenommenen Weges hinfällig. Es wäre aus diesem Grund dann ratsam, entsprechende Räder für den jeweiligen Untergrund einzusetzen.

Anhang A: Datenblatt Sharp

SHARP

GP2D12/GP2D15

GP2D12/GP2D15**General Purpose Type Distance Measuring Sensors****■ Features**

1. Less influence on the color of reflective objects, reflectivity
2. Line-up of distance output/distance judgement type
 - Distance output type (analog voltage) : **GP2D12**
 - Detecting distance : 10 to 80cm
 - Distance judgement type : **GP2D15**
 - Judgement distance : 24cm
(Adjustable within the range of 10 to 80cm)
3. External control circuit is unnecessary
4. Low cost

■ Applications

1. TVs
2. Personal computers
3. Cars
4. Copiers

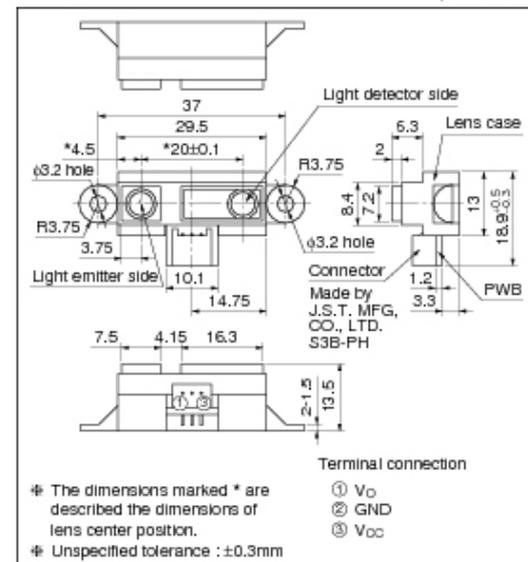
■ Absolute Maximum Ratings

(Ta=25°C, Vcc=5V)

Parameter	Symbol	Rating	Unit
Supply voltage	V _{CC}	-0.3 to +7	V
Output terminal voltage	V _O	-0.3 to V _{CC} +0.3	V
Operating temperature	T _{opr}	-10 to +60	°C
Storage temperature	T _{stg}	-40 to +70	°C

■ Outline Dimensions

(Unit : mm)



■ Recommended Operating Conditions

Parameter	Symbol	Rating	Unit
Operating supply voltage	V _{CC}	4.5 to +5.5	V

■ Electro-optical Characteristics

(Ta=25°C, V_{CC}=5V)

Parameter	Symbol	Conditions	MIN.	TYP.	MAX.	Unit
Distance measuring range	ΔL	^{*1} ^{*3}	10	—	80	cm
Output terminal voltage	V _O	GP2D12 L=80cm ^{*1}	0.25	0.4	0.55	V
		GP2D15	V _{OH}	Output voltage at High ^{*1}	V _{CC} - 0.3	—
		V _{OL}	Output voltage at Low ^{*1}	—	0.6	V
Difference of output voltage	ΔV _O	GP2D12 Output change at L=80cm to 10cm ^{*1}	1.75	2.0	2.25	V
Distance characteristics of output	GP2D15 V _O	^{*1} ^{*2} ^{*4}	21	24	27	cm
Average Dissipation current	I _{CC}	L=80cm ^{*1}	—	33	50	mA

Note) L : Distance to reflective object.

*1 Using reflective object : White paper (Made by Kodak Co. Ltd. gray cards R-27 · white face, reflective ratio : 90%).

*2 We ship the device after the following adjustment : Output switching distance L=24cm±3cm must be measured by the sensor.

*3 Distance measuring range of the optical sensor system.

*4 Output switching has a hysteresis width. The distance specified by V_O should be the one with which the output L switches to the output H.

Fig.1 Internal Block Diagram

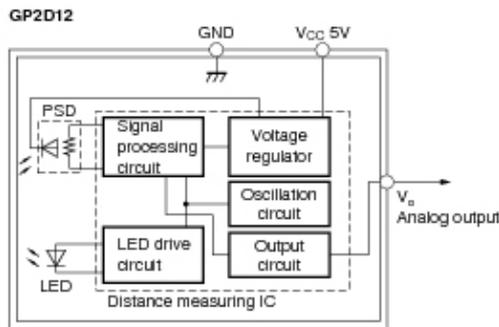


Fig.2 Internal Block Diagram

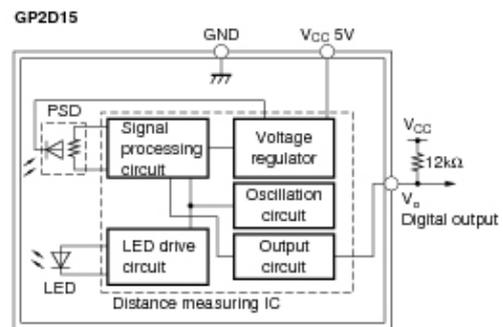


Fig.3 Timing Chart

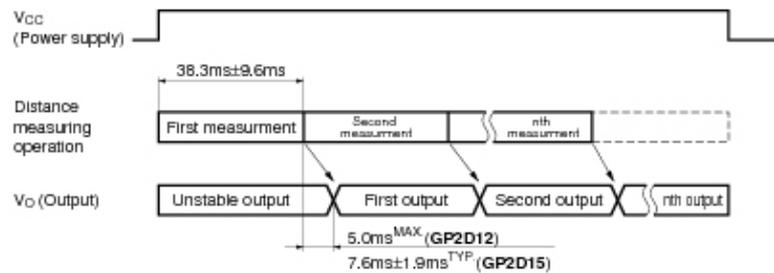


Fig.4 Distance Characteristics

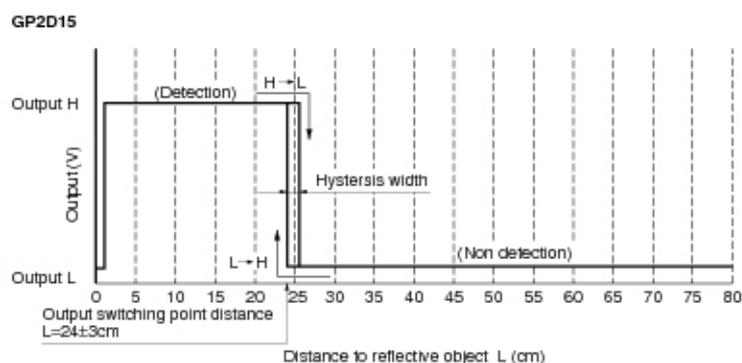


Fig.5 Analog Output Voltage vs. Surface Illuminance of Reflective Object

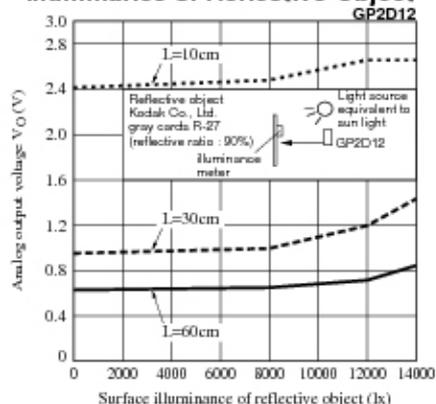


Fig.6 Analog Output Voltage vs. Distance to Reflective Object

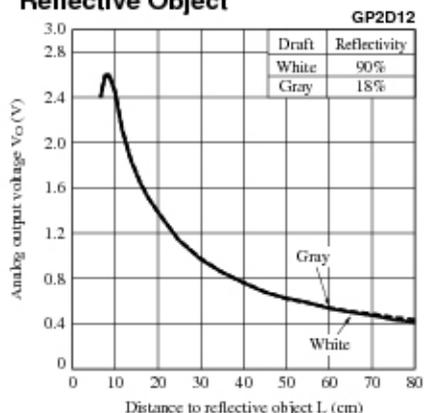


Fig.7 Analog Output Voltage vs. Ambient Temperature

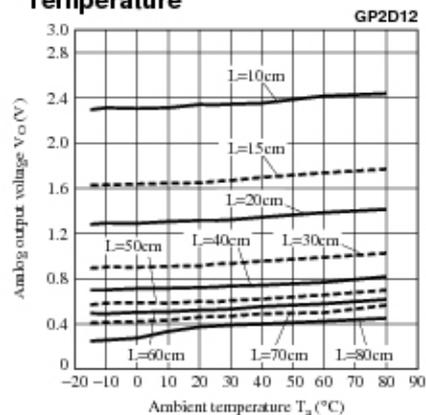
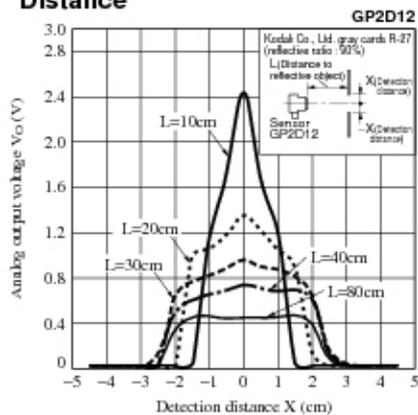


Fig.8 Analog Output Voltage vs. Detection Distance



Application Circuits

NOTICE

- The circuit application examples in this publication are provided to explain representative applications of SHARP devices and are not intended to guarantee any circuit design or license any intellectual property rights. SHARP takes no responsibility for any problems related to any intellectual property right of a third party resulting from the use of SHARP's devices.
- Contact SHARP in order to obtain the latest device specification sheets before using any SHARP device. SHARP reserves the right to make changes in the specifications, characteristics, data, materials, structure, and other contents described herein at any time without notice in order to improve design or reliability. Manufacturing locations are also subject to change without notice.
- Observe the following points when using any devices in this publication. SHARP takes no responsibility for damage caused by improper use of the devices which does not meet the conditions and absolute maximum ratings to be used specified in the relevant specification sheet nor meet the following conditions:
 - (i) The devices in this publication are designed for use in general electronic equipment designs such as:
 - Personal computers
 - Office automation equipment
 - Telecommunication equipment [terminal]
 - Test and measurement equipment
 - Industrial control
 - Audio visual equipment
 - Consumer electronics
 - (ii) Measures such as fail-safe function and redundant design should be taken to ensure reliability and safety when SHARP devices are used for or in connection with equipment that requires higher reliability such as:
 - Transportation control and safety equipment (i.e., aircraft, trains, automobiles, etc.)
 - Traffic signals
 - Gas leakage sensor breakers
 - Alarm equipment
 - Various safety devices, etc.
 - (iii) SHARP devices shall not be used for or in connection with equipment that requires an extremely high level of reliability and safety such as:
 - Space applications
 - Telecommunication equipment [trunk lines]
 - Nuclear power control equipment
 - Medical and other life support equipment (e.g., scuba).
- Contact a SHARP representative in advance when intending to use SHARP devices for any "specific" applications other than those recommended by SHARP or when it is unclear which category mentioned above controls the intended use.
- If the SHARP devices listed in this publication fall within the scope of strategic products described in the Foreign Exchange and Foreign Trade Control Law of Japan, it is necessary to obtain approval to export such SHARP devices.
- This publication is the proprietary product of SHARP and is copyrighted, with all rights reserved. Under the copyright laws, no part of this publication may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, for any purpose, in whole or in part, without the express written permission of SHARP. Express written permission is also required before any use of this publication may be made by a third party.
- Contact and consult with a SHARP representative if there are any questions about the contents of this publication.

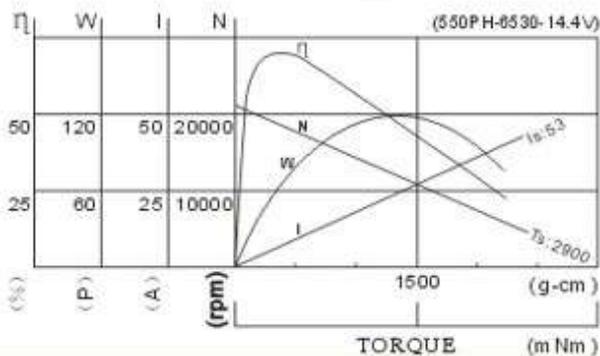
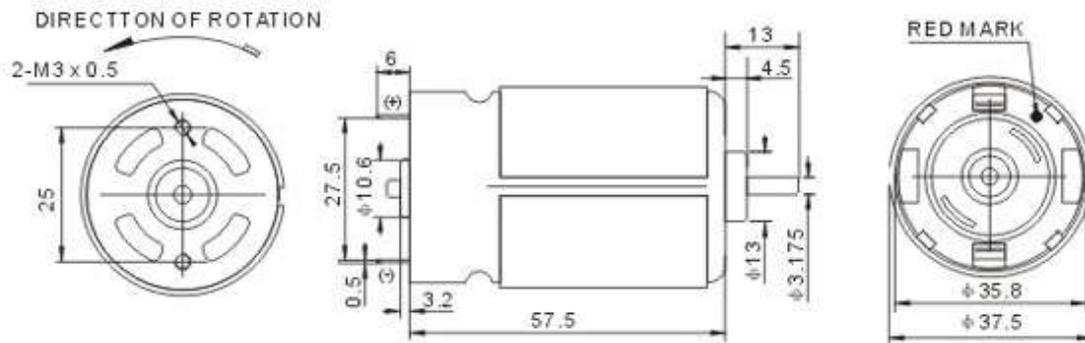
Anhang B: Akkubohrmaschinenmotor

永磁直流馬達: PMDC motors



- 典型應用:(Typical Applications)
- 電動工具:(CORDLESS POWER TOOL)
- (LUMBER SUPPORT) ETC
- 汽配裝置:(AUTOMATIC CONTROL)
- 自動產品:(AUTOMOTIVE PRODUCT)

MODEL	VOLTAGE		NO LOAD		AT MAXIMUM EFFICIENCY					STALL	
	OPERATING RANGE	NOMINAL	SPEED	CURRENT	SPEED	CURRENT	TORQUE	OUTPUT	EFF	TORQUE	CURRENT
			RPM	A	RPM	A	G-CM	W		G-CM	A
ADRS-550SA-5001	6.0-18V	12.0V	7300	0.26	6400	1.7	185	12.1	59.3	1530	12.5
ADRS-550SA-5002	20-36V	24V	3100	0.08	2750	0.27	150	4.2	64.8	800	5.8
ADRS-550PH-5003	6.0-18V	14.4V	20500	1.5	17500	7.8	430	77.7	69.2	2900	53
ADRS-550SH-5004	6.0-15V	12V	16300	1.0	14300	6.0	350	51.3	71.3	2850	52



我們也可以根據客戶要求，
提供上述以外之產品。

WE CAN ALSO SUPPLY PRODUCTS
ACCORDING TO CUSTOMER'S
REQUIREMENTS

Anhang C: Getriebemotor RB-35

RB-35 Getriebemotor

Hervorragend verarbeitet, hohe Widerstandsfähigkeit, leise, klein und dennoch mit hohem Wirkungsgrad. Die Ein- und Ausgangswellen sind versetzt.



Technische Daten: Nenn-/Arbeitsspannung 12 V, Motoren-Ø 34 mm, Gebiete-Ø 37 mm Welle-Ø 6 mm.

Best.-Nr.	Untersetz	Leerlauf-drehzahl	Leistungs-aufnahme	max. Drehmoment	Länge o.	Länge mit
227544-4B	1 : 30	200 UpM	1,25 W	60 Ncm (6 kg x cm)	52 mm	73 mm
227552-4B	1 : 50	120 UpM	1,22 W	90 Ncm (9 kg x cm)	55 mm	75 mm
227560-4B	1 : 100	59 UpM	1,23 W	180 Ncm (18 kg x cm)	54 mm	76 mm
227579-4B	1 : 200	31 UpM	1,10 W	180 Ncm (18 kg x cm)	57 mm	78 mm

正齒輪 (Spur gear)

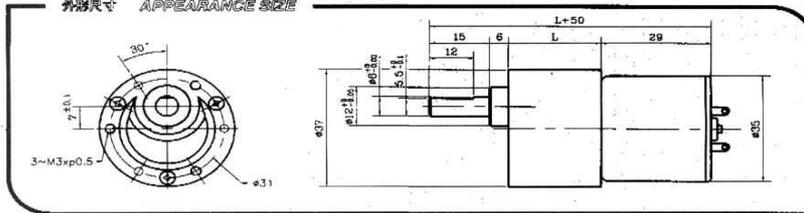
RB-35C
GEARED MOTOR
SERIES

RB-35GM 01 TYPE



REDUCTION RATIO	L	REDUCTION RATIO	L
1/6~1/10	19.5	1/120~1/300	27
1/18~1/30	22	1/350~1/1000	28.5
1/36~1/100	24.5	1/1500~1/3000	32

外形尺寸 APPEARANCE SIZE



GEARED MOTOR TORQUE/SPEED

減速比 Reduction ratio	1/10	1/15	1/30	1/50	1/75	1/90	1/100	1/120	1/150	1/180	1/200	2/250	3/300	5/500	6/600	7.5/750	10/1000	15/1500	20/3000
定格扭力 (kg-cm) Rated torque	0.3	0.5	0.9	1.2	1.4	1.7	2.1	2.3	2.5	3.1	3.7	4.1	5.2	6	6	8	8	8	8
定格回轉數 (rpm) Rated speed	518	292	174	104	86	70	68	52	44	33	29	26	21	17	11	9.0	7.6	5.7	3.8
定格電流 (mA) Rated current	4250	4250	4250	4250	4200	4200	4200	4250	4350	4250	4300	4250	4350	4250	4200	4200	4300	4300	430
無負荷回轉數 (rpm) No load speed	800	333	200	120	100	80	67	60	50	40	33	30	24	20	12	10	8	5	4
無負荷電流 (mA) No load current	4300	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

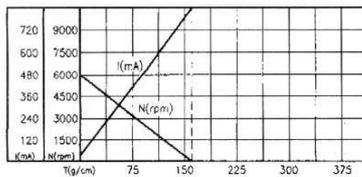
馬達安裝型式

MOTOR INSTALLATION

定格電壓 Rated volt (V)	定格扭力 Rated torque (g-cm)	定格回轉數 Rated speed (rpm)	定格電流 Rated current (mA)	無負荷回轉數 No load speed (rpm)	無負荷電流 No load current (mA)	定格出力 Rated output (W)
12	35	4850	4210	6000	430	2.2

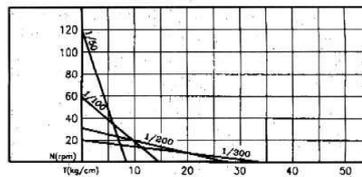
馬達單體特性圖

MOTOR CHARACTERISTICS

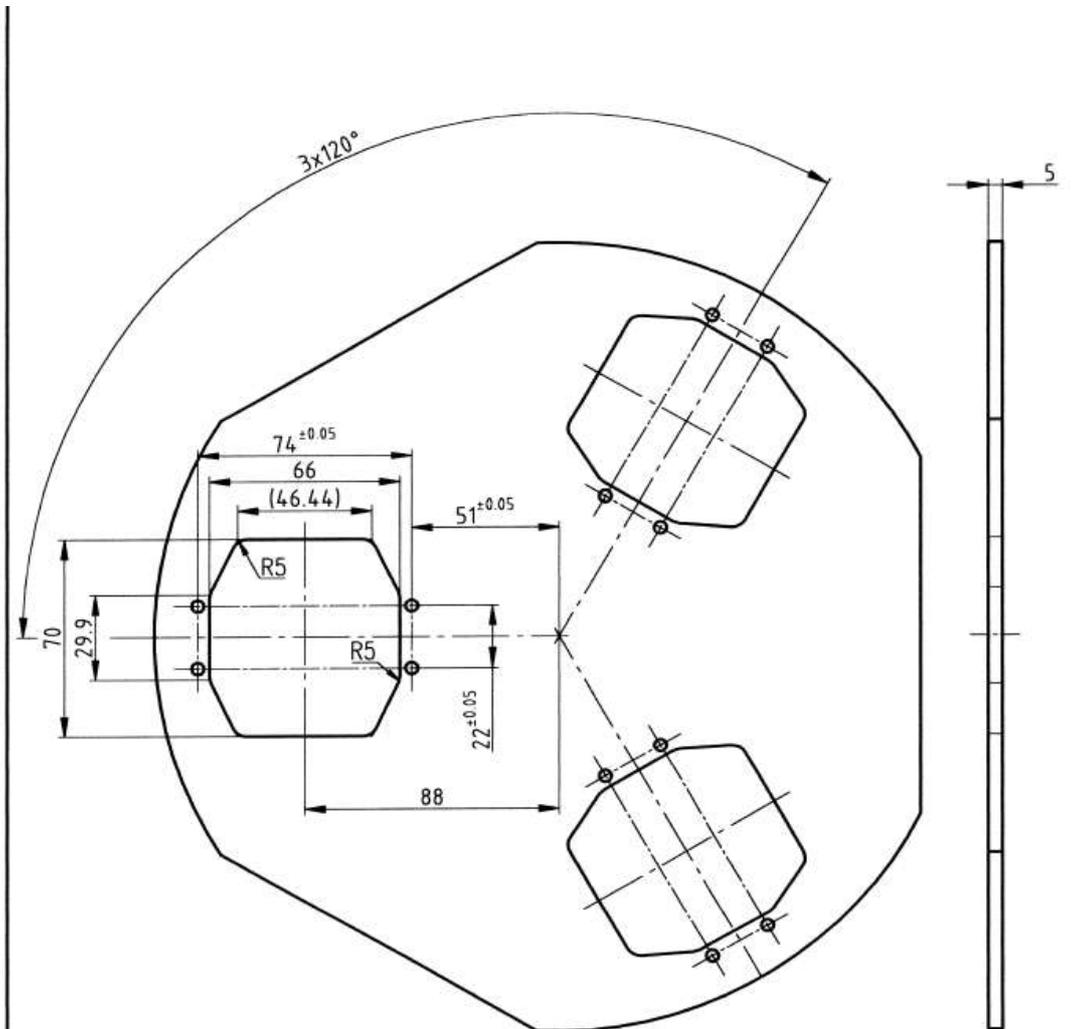


齒輪箱馬達特性圖

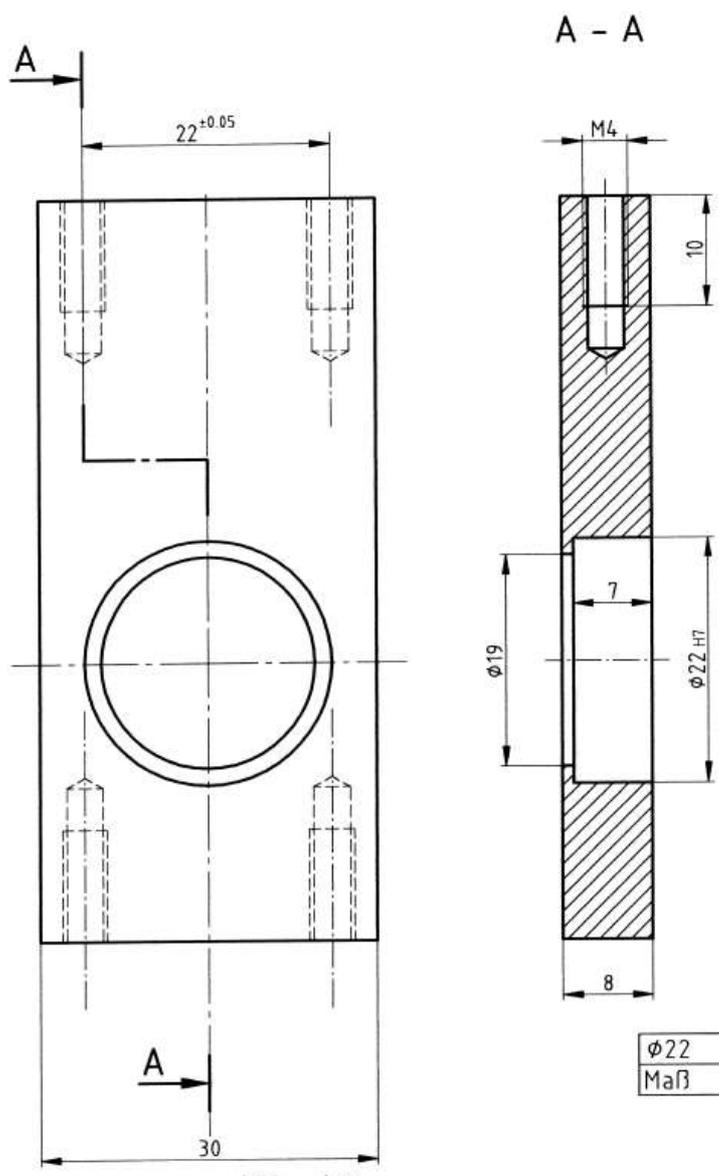
GEARED MOTOR CHARACTERISTICS



Anhang D: technische Zeichnungen



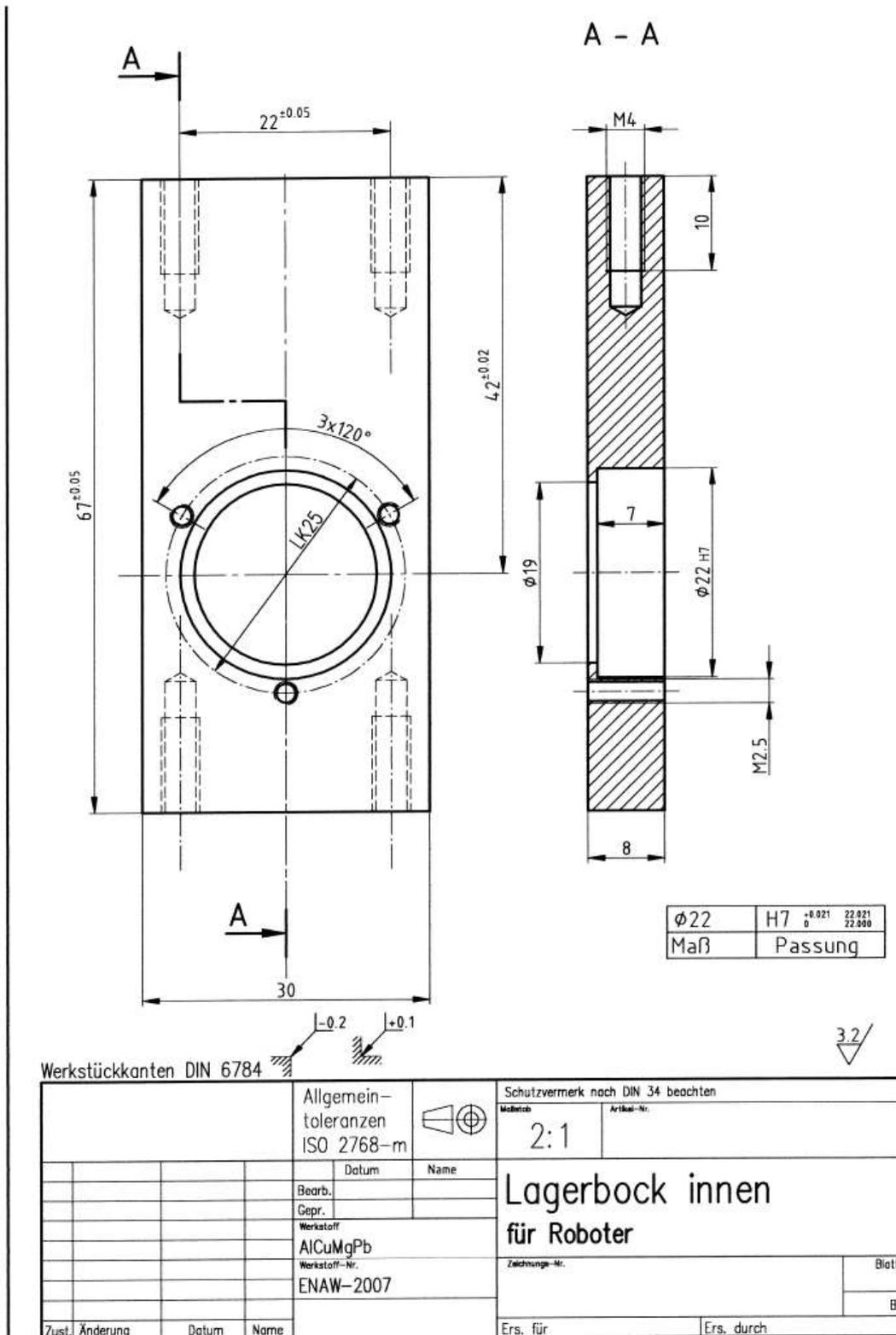
		Allgemein-toleranzen ISO 2768-m				Schutzvermerk nach DIN 34 beachten	
				Maßstab 1:2		Artikel-Nr.	
		Datum		Name		Bodenplatte für Roboter	
		Bearb.					
		Gepr.					
		Werkstoff		Al			
		Werkstoff-Nr.				Zeichnungs-Nr.	
						Blatt	
						Bl	
Zust.	Änderung	Datum	Name	Ers. für		Ers. durch	

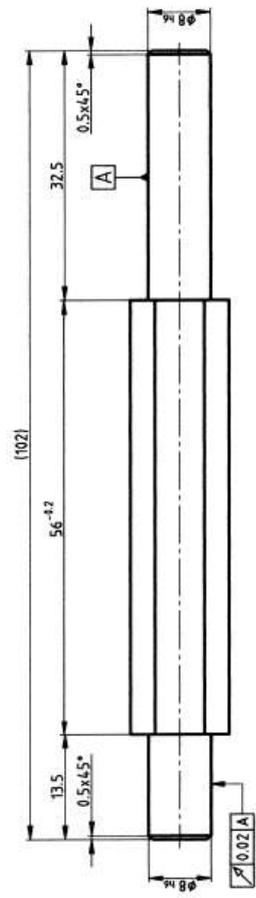


φ22	H7	$0^{+0.021}$	22.021
Maß	Passung	0	22.000

Werkstückkanten DIN 6784 3.2/

			Allgemein-toleranzen ISO 2768-m		Schutzvermerk nach DIN 34 beachten	
					Maßstab 2:1	
			Datum		Artikel-Nr.	
			Name		Lagerbock außen für Roboter	
			Bearb.			
			Gepr.			
			Werkstoff			
			AlCuMgPb		Zeichnungs-Nr.	
			Werkstoff-Nr.		Blatt	
			ENAW-2007		Bl	
Zust.	Änderung	Datum	Name	Ers. für		Ers. durch

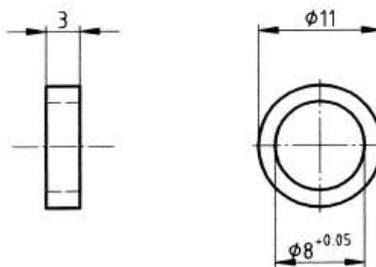




Ø8	h6	H8
Maß	Maß	Passung

2.2 (✓)

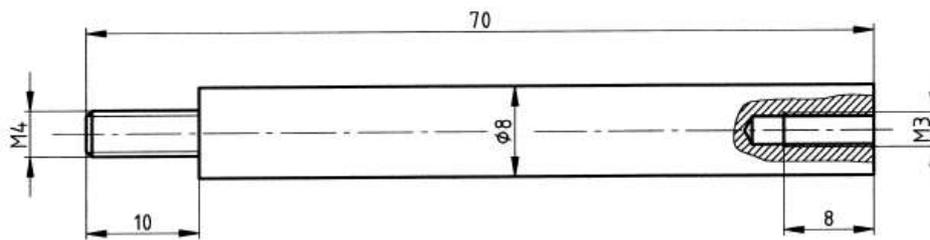
Werkstückkonten DIN 6784		Allgemein- toleranzen ISO 2768-m		Schulzwerk nach DIN 34 Inspektion	
		ISO 2768-m		Vermaß-nr.	
		2.1		2.1	
		Name		Name	
		Bearb.		Bearb.	
		Datum		Datum	
		9 S Mh 28 K		Welle	
		EN 10278		für Roboter	
		EN 10278		Werkstück-nr.	
Zust. Änderung		Datum		Erg. für	
Name		Name		Erg. durch	
				Blatt	
				Bl	



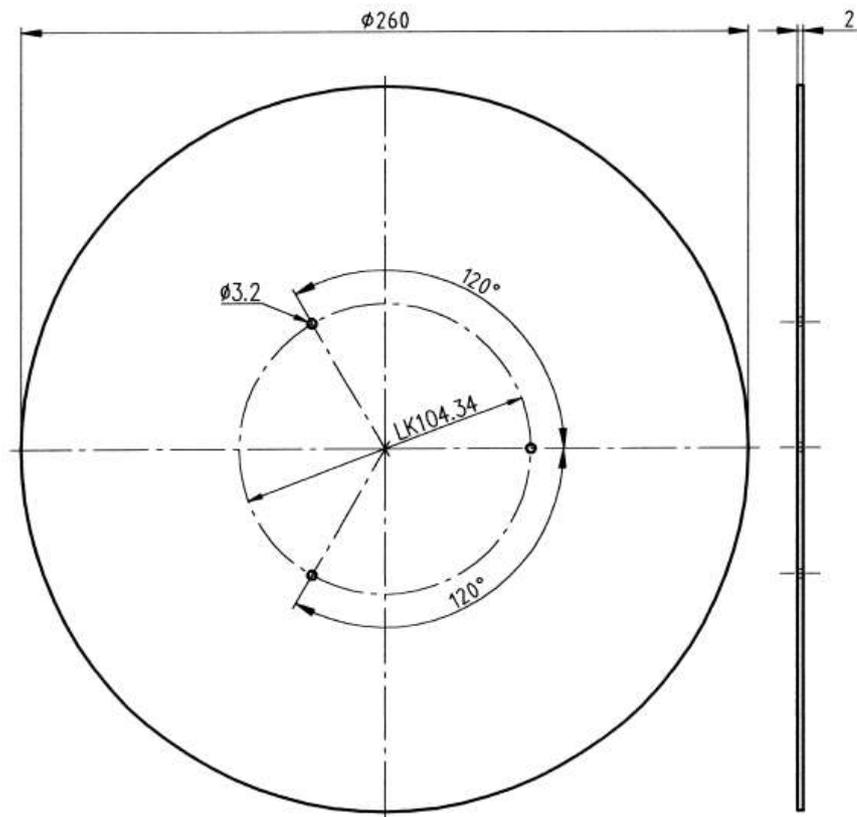
Werkstückkanten DIN 6784 $\sqrt{\text{R}} \text{ } | -0.2$

3.2/

		Allgemein- toleranzen ISO 2768-m			Schutzvermerk nach DIN 34 beachten	
				Maßstab		Artikel-Nr.
				2:1		
		Datum	Name		Distanzhülse für Roboter	
		Bearb.				
		Gepr.				
		Werkstoff				
		9 S Mn 28 K				
		Werkstoff-Nr.		Zeichnungs-Nr.		Blatt
		En 10278				Bl
Zust.	Änderung	Datum	Name	Ers. für		Ers. durch



		Allgemein-toleranzen ISO 2768-m				Schutzvermerk nach DIN 34 beachten	
						Maßstab 2:1	
				Datum		Name	
				Bearb.		Distanzbolzen für Roboter	
				Gepr.			
				Werkstoff		Zeichnungs-Nr.	
				Al		Blatt	
				Werkstoff-Nr.		Bl	
Zust.	Änderung	Datum	Name			Ers. für	Ers. durch



		Allgemein- toleranzen ISO 2768-m		Schutzvermerk nach DIN 34 beachten	
				Maßstab 1:2	
				Artikel-Nr.	
		Datum		Name	
		Bearb.		Aksen-Board-Platte für Roboter	
		Gepr.			
		Werkstoff		Zeichnungs-Nr.	
		Al		Blatt	
		Werkstoff-Nr.		Bl	
Zust.	Änderung	Datum	Name	Ers. für	Ers. durch

Anhang E: Firmenverzeichnis

Interroll Fördertechnik GmbH..... Allseitenrollen

SBU Drives and Rollers

Höferhof 16

D – 42929 Wermelskirchen

Tel.: 02193 / 23 147

Fax: 02193 / 23 122

www.interroll.de

igus GmbH..... Kunststofftechnik

Spicher Straße 1a

D – 51147 Köln

Tel.: 02203 / 964 9 0

Fax: 02203 / 964 9 222

www.igus.de

Wilhelm Herm. Müller GmbH & Co. KG..... Antriebstechnik

Postkamp 14

D – 30159 Hannover

Tel.: 0511 / 166 02 0

Fax: 0511 / 166 02 0

www.whm.net

info@whm.net

Mädler GmbH..... Antriebstechnik

Saseler Bogen 8

D – 22393 Hamburg

Tel.: 040 / 600 47 510

Fax: 040 / 600 47 533

www.maedler.de

hamburg@maedler.de

Sven Urban..... Konstruktion und Fertigung

Feinwerkmechanik - Meisterbetrieb

Fuhlsbüttler Str. 527

22337 Hamburg

Tel.: 040 / 6323340

Fax: 040 / 59461851

svenurban@alice-dsl.de

Anhang F: Inhalt der CD

Die CD – ROM zu dieser Diplomarbeit diese Arbeit, als pdf – Dokument alle weiteren Inhalte, die in dieser Diplomarbeit verwendet wurden. Es sind Bilder, Filme, Manuals, Konstruktionszeichnungen und Datenblätter.

In folgenden Unterverzeichnissen befinden sich folgende Inhalte:

\Bilder\DA :

In diesem Verzeichnis sind alle, in dieser Diplomarbeit, verwendeten Bilder

\Bilder\Fotos :

Einige Bilder, die aufgenommen wurden, jedoch in der Diplomarbeit keine Verwendung gefunden haben, befinden sich in diesem Verzeichnis

\Datenblätter\Sharp GP2D12:

Das Datenblatt der Sharps befindet sich in diesem Unterverzeichnis

\Datenblätter\Motortreiber L298:

Das Motortreiber – Datenblatt befindet sich in diesem Verzeichnis.

\Diplomarbeit

In diesem Verzeichnis ist die Diplomarbeit abgelegt

\Filme\Einsatz der Bohrmaschinenmotoren

Es befinden sich in dem Ordner zwei Filme, in denen gezeigt wird, daß der Robot mit Bohrmaschinenmotoren fahren kann, aber nur sehr schleppend. Einmal auf PVC, einmal auf VA-Platte

\Filme\der Neue stellt sich vor – die Experimentierplattform

Der Roboter fährt auf Teppich und PVC. Die Räder haben jeweils eine unterschiedliche Geschwindigkeit, so daß der Roboter Kreise mit unterschiedlichen Geschwindigkeitsstufen fährt. Das wird in drei Filmen gezeigt

\Filme\das Vorgängermodell – der Fußballspieler

Das Vorgängermodell fährt mit höchster Geschwindigkeit auf einen IR – Ball zu.

\Filme\Humanoider Robot

Ein Film von einem humanoiden Roboter ist in diesem Verzeichnis gespeichert. Es wird gezeigt, daß der Roboter auf die Umwelt reagiert

\HTML

Die besuchten Webseiten wurden in diesem Verzeichnis abgespeichert.

\Programm

enthält jeglichen, entstandenen Quellcode. Das heißt, es ist das Programm zum Fahren eines bestimmten Winkels, sowie die Abfrage der Taster und der Sharps enthalten. Zudem ist ein Programm entstanden, mit dem der Roboter einen IR – Ball sucht und dann in die Richtung fährt.

\Schaltpläne

die entstandenen Programme sind in diesem Verzeichnis abgespeichert. Da die Schaltpläne mit EAGLE entstanden sind, sind die Pläne als *.sch – Datei abgespeichert.

\technische Zeichnungen

die technischen Zeichnungen sind in diesem Verzeichnis als pdf gespeichert.

Literaturverzeichnis

- [AkSen] AkSen-Board der FH – Brandenburg
<http://www.aksen-roboter.de/>
- [Asimov] Isaac Asimov, * 02. Januar 1920, † 06. April 1992
„Die drei Gesetze für Roboter“
http://de.wikipedia.org/wiki/Isaac_Asimov
- [Čapek] Karel Čapek, * 09. Januar 1890, † 25. Dezember 1938
Einführung des Begriffs *Roboter*
http://de.wikipedia.org/wiki/Karel_Capek
- [conrad] Datenblätter jeglicher Art
www.produktinfo.conrad.com
- [CTA] Container Terminal Altenwerder
www.3sat.de/hitec/magazin/52177
- [DALB05] Diplomarbeit Lars Brandt 2005
„Entwicklung eines Objekttrackers für Embedded Systems zur Steuerung mobiler Roboter“
<http://users.informatik.haw-hamburg.de/~kvl/brandt/diplom.pdf>
- [DAMM04] Diplomarbeit Michael Manger 2004
„Design und Realisierung einer experimentellen Plattform für Roboterfußball“
<http://users.informatik.haw-hamburg.de/~kvl/manger/diplom.pdf>
- [DAOK05] Diplomarbeit Oliver Köckritz 2005
„Visuomotorische Bewegungskoordination für mobile Roboter“
<http://users.informatik.haw-hamburg.de/~kvl/koeckritz/diplom.pdf>
- [DATS05] Diplomarbeit Timo Storjohann 2005
„Einsatz genetischer Lernverfahren für die Programmierung eines mobilen Roboters“
<http://users.informatik.haw-hamburg.de/~kvl/storjohann/diplom.pdf>
- [eagle] die Schaltpläne wurden mit EAGLE 4.13 erstellt
<http://www.cadsoft.de/>

-
- [Elektrolux] Ultraschall – Staubsauger
<http://trilobite.electrolux.de>
- [HR2] Humanoider Roboter; hat alle Sinne
<http://www.etek.chalmers.se/~almir>
- [L298] Motortreiber L298
<http://www.reichelt.de/>
- [Lego] Lego Mindstorms
<http://mindstorms.lego.com/eng/default.asp>
- [MIT6.270] Dokumentation über das MIT6.270
<http://ots.fh-brandenburg.de/>
- [OmniCam] FU – Fighters; omnidirektionale Roboter
<http://www.fu-fighters.de>
- [PWM] Pulsweitenmodulation; Erklärung und Diagramm
<http://www.atwillys.de/imp/msp430/pwm430/index.html>
- [schweißen] Schweißroboter mit Drehtisch
<http://www.lorenzmech.de/Gebrauchtmarkt/Roboter/roboter.html>
- [Sensoren] Ultraschall- und Infrarotsensoren
<http://www.mc-project.de/Pages/Robotik/Sensoren/sensoren.html>
- [Sharp] Sharp, PSD, Distanzmessung
<http://roboter-teile.de/Shop/pd448287116.htm?categoryId=0>
- [Strolch] Basteln mit Elektronik leicht gemacht
www.strippenstrolch.de
- [tribots] omnidirektionale Roboter der UNI – Osnabrück
www.informatik.uni-osnabrueck.de/asg/projects/tribots

Versicherung über Selbstständigkeit

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit im Sinne der Prüfungsordnung nach §24(4) bzw. §25(4) ohne fremde Hilfe selbstständig verfasst und nur die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe.

Ort, Datum

Unterschrift des Studenten