



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Studienarbeit

Oliver Köckritz

Roboter Fussball im Robot-Lab der HAW-Hamburg

Studiengang Softwaretechnik

Fachbereich Informatik

Betreuer: Prof. Kai von Luck

Abgegeben am: 12.5.2005

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	2
1 Robot Fußball	3
1.1 RoboCup-Projekt	3
1.1.1 Simulation-League	5
1.1.2 Small-Size-League	5
1.1.3 Middle-Size-League	6
1.1.4 Humanoid-Robot-League	7
1.1.5 Rescue-League und Rescue-Simulations-League	8
1.1.6 Junior-League	9
1.1.7 Four Legged-Robot-League	9
1.2 FIRA	10
1.3 „HAW-League“	11
2 Das HAW-Hamburg-Roboter-Labor	13
2.1 MIT 6.270 Board mit Expansions-Board	14
2.2 Minstorm und LePoMUX	14
2.3 Aksen Board	16
2.4 Rcube Plattform	17
3 „Das Runde muss ins Eckige“	17
3.1 Ball- und Torerkennung	18
3.2 Bedienung der Motorik	18
3.3 Hand-Auge-Koordination	19
4 Fazit	20

Einleitung

Roboterfußball im Roboter-Labor der HAW-Hamburg wird ähnlich wie in der RoboCup-Junior-Fußball-League gespielt, allerdings ist das Environment um Infrarotbarken in den Toren und einem Filz am Boden erweitert worden. Der Grund dieser Erweiterungen lag darin, dass das Setting der Junior-League nicht ausreichend war, um gewünschte Verhaltensmuster bei den Spielern hervorrufen zu können. In der HAW wird auf Basis von Lego-Mindstorm Fußball gespielt, gleichzeitig gibt es eine selbstkonstruierte Roboter-Plattform mit einem omnidirektionalem Antrieb, das MIT 6.270 Board und 2 Pioneer-Roboter. In dieser Arbeit möchte ich den Stand des RoboCup und des HAW-Robot-Labor vergleichen und mögliche Entwicklungslinien vom Labor zum Cup herausarbeiten. Es geht dabei nicht darum am RoboCup teilzunehmen, sondern darum, Lücken zu schließen, damit ein herausfordernder Fußball-Wettbewerb in der HAW-Hamburg unter Berücksichtigung eines verbesserten Environments stattfinden kann.

Im ersten Kapitel dieser Arbeit betrachte ich Roboterfußball im allgemeinen, außerdem den RoboCup und seine Ligen genauer. Anschließend folgt eine Betrachtung der Situation im HAW-Hamburg-Roboter-Labor. In Kapitel 3 wird in Bezug auf die jetzige Situation im RoboCup und in der HAW erörtert, wie der Ball ins Tor gelangt. Im letzten Kapitel werde ich die Frage beantworten, wie im HAW-Hamburger-Roboter-Labor mit Methoden gearbeitet werden kann, die mit denen der RoboCup-Weltmeister-Ligen vergleichbar sind und wie schließlich „das Rund ins Eckige kommt“.



Abbildung 0.1 Roboter-Fussball-Contest Sommer 2004 an der HAW-Hamburg

1 Robot Fußball

Vor 1997 hat sich die KI-Forschung hauptsächlich mit der Programmierung von Schach beschäftigt. Schon in den 80er Jahren zeichnete sich ab, dass die Schachproblematik wohl bald gelöst sein würde. Forscher aus dem Bereich Künstliche Intelligenz begannen, nach neuen Herausforderungen zu suchen. Als 1997 der amtierende Schachweltmeister Garri Kasparow von Deep Blue, einem Schachcomputer mit 32 speziell entwickelten Prozessoren, der 200 Millionen Varianten pro Sekunde durchspielen konnte, geschlagen wurde, war klar, dass die KI-Forschung einen neuen Schwerpunkt brauchte.

Die Problemstellung beim Schach ist im Gegensatz zum Fußball logisch und berechenbar. Beim Schach kann das Programm fest davon ausgehen, dass ein Zug einer Figur auf jeden Fall funktioniert. Im Gegensatz dazu muss beim Fußball eine Bewegung eines Spielers nicht unbedingt funktionieren. Es kann immer sein, dass der Ball nicht da ankommt, wo es gedacht war oder ein Spieler sich nicht genau an dem Ort befindet, wohin die Motoren ihn treiben sollten. Es gibt viele unbekannte Variablen, an die das Verhalten des Roboters angepasst werden muss.

Das Interesse an Roboterfußball, sowohl weltweit in Forschung und Ausbildung, als auch in dieser Studienarbeit, ist einerseits in der Popularität von Fußball im allgemeinen begründet, andererseits auch darin, dass beim Fußball mehrere Subjekte mit- und gegeneinander gleichzeitig im selben Raum antreten. In dieser komplexen, dynamischen Umgebung ist Teamwork gefragt. Vor diesem Hintergrund entwickeln sich spannende Fragestellungen sowie komplexe Problemfelder.

1.1 RoboCup-Projekt

Die Idee zum RoboCup wurde 1993 von Manuela Veloso und Peter Stone aus den USA, Alan Mackworth aus Kanada und Minoru Asada, Yasuo Kuniyoshi, Hiroaki Kitano und Itsuki Noda aus Japan entwickelt. Den ersten internationalen RoboCup gab es drei Monate nach dem Sieg von Deep Blue im August 1997 in Nagoya (Japan). Seitdem wird jedes Jahr ein internationaler RoboCup von der

„RoboCup Federation“ veranstaltet. Der RoboCup ist einer der größten wissenschaftlichen Wettbewerbe der Welt.

Der selbstgegebene Sinn ist die Förderung der Künstlichen-Intelligenz-Forschung sowie der Robotik-Forschung. Es geht bei den Wettbewerben nicht nur ums Gewinnen, sondern vielmehr darum, die Entwicklung und Forschung voran zu treiben. Dies äußert sich z.B. darin, dass im Anschluss an die Wettbewerbe Programmcode und Strategien ausgetauscht werden.

Am Anfang gab es nur die folgenden drei Ligen: die Simulation-League, Small-Size-League und die Middle-Size-League. Aufgrund des eigentlichen Ziels, 2050 die Weltmeisterschaft nach FIFA-Regeln gewinnen zu können, und der damit verbundenen parallel laufenden Entwicklungsstrategien, erweiterte sich der RoboCup um weitere Ligen. Heutzutage wird in acht Ligen gespielt: Simulation-League, Small-Size-League, Middle-Size-League, Humanoid-League, Rescue-League, Rescue-Simulations-League, Junior-League und Four-Legged-Robot-League. Bei diesen acht Ligen geht es dabei nicht nur um Forschung, sondern auch darum Menschen auszubilden und ihr Leben zu retten.

Die jeweiligen Ligen sollen verschiedene Aspekte fokussieren, damit es eine parallele Entwicklung geben kann, deren Ergebnisse sich über die Jahre hinweg verbinden können, um sie schließlich in Form von Synergieeffekten nutzen zu können. Aus vielen Ligen werden perspektivisch wenige, bis nur noch eine existiert, die dann 2050 gegen den „menschlichen“ Weltmeister antreten kann.

In allen Ligen agieren die Roboter ohne menschliche Hilfe, in einigen agieren sie vollkommen autonom und in einigen auf verteilten Systemen. Die restlichen Unterschiede der Ligen zeichnen sich im groben durch den Ort, die Größe des Ortes sowie die Robotergröße und die Anzahl der Roboter aus. Auf dem RoboCup 2002 in Fukuoka waren 120 000 Besucher. Ein Indiz dafür, dass es sich nicht mehr nur um ein kleines „Nerd“-Treffen handelt.



Abbildung 1.1 RoboCUP Weltmeisterschaft in Japan 2002

1.1.1 Simulation-League

Die Simulations-Liga, welche von Anfang an existiert, soll hauptsächlich die KI-Forschung und die KI-Methoden vorantreiben. Seit 2004 gibt es neben der 2D-Simulations-Liga noch eine 3D-Simulations-Liga.

Ein simuliertes Fußballspiel besteht aus einem Soccer-Server, der die Aktionen und den Ablauf in der virtuellen Realität bestimmt, einem Soccer-Monitor, der das Spielgeschehen für den menschlichen Zuschauer visualisiert und aus 22 Softwareagenten, welche die Spieler der Teams repräsentieren und ihre errechneten Aktionswünsche beim Soccer-Server beantragen. Es gibt keine unbekanntenen Störgrößen außer denen, die willentlich in den Soccer-Server eingebaut sind.

Ein virtueller Trainer, der das gesamte Geschehen im Blick hat, soll Spieler austauschen und Hinweise auf Verhaltensänderungen geben. Die Spieler sind Softwareagenten, welche verschiedene Attribute haben, wie z.B. Körperproportionen, Ausdauer, Stärke und Schnelligkeit.

Alle 100 Millisekunden wird vom Soccer-Server die virtuelle Realität, je nach Aktionswunsch der Softwareagenten und der anstehenden Ereignisse, auf den neusten Stand gebracht. Die Regeln des Geschehens und des Handlungsspielraumes sind zwar komplexer, aber in der Struktur ähnlich wie Aktionsregeln bei Fantasyspielen (z.B. „Dungeons and Dragons“).

1.1.2 Small-Size-League (f180)

In dieser Liga wird auf einem Spielfeld von 230x280 cm und mit Robotern, die eine Grundfläche von 180 cm² haben, gespielt, woraus sich der Name F180 ergibt. In den Spielen, in denen bis zu fünf Spieler pro Team gegeneinander antreten, geht es mittlerweile am „rasantesten zur Sache“. Dies liegt daran, dass der materielle Roboter nur für die Ausführung der über Funk empfangenen Befehle zuständig ist und damit sehr leicht und wendig ist. Das Erkennen der Spielsituation läuft üblicherweise über eine Kamera, die vier Meter über dem Spielfeld hängt und einem Programm, welches aus den Videodaten ein abstraktes Weltbild erstellt. Dieses Weltbild wird nun von Softwareagenten dazu

benutzt, die Realität zu interpretieren und in Handlungsanweisungen für den zugehörigen materiellen Roboter umzusetzen.

Ein aus dieser Konstruktion resultierendes Problem ist eine relativ große Latenzzeit, die z.B. bei den Bremen Byters bei ca. 200 Millisekunden liegt. In dieser Zeit ist ein Roboter aber längst gegen die Bande oder aus dem Spielfeld gefahren. Deshalb müssen die Softwareagenten mögliche Folgesituationen berechnen, um beispielsweise Kollisionen zu verhindern. Ein Vorteil dieser Liga ist, dass die Roboter wegen der zentralen Kamera günstig und klein sind, so dass auch Institutionen mit einem kleinen Budget in dieser Liga mitspielen können. Der Trend geht in dieser Liga allerdings, ähnlich wie in der Middle-Size-League, zu dezentralen Kameras, was die Autonomie der Spieler steigert.



Abbildung 1.2 Small-Size-League Spieler in 2004

1.1.3 Middle-Size-League

Hier hat jeder der bis zu vier Roboter eines Teams eine maximale Grundfläche von 2000 cm^2 und es wird auf einem Spielfeld von mindestens 5×10 Metern gespielt. Die Spieler sind hier vollkommen autonom, sie haben alle Sensoren und Rechenleistung bei sich und dürfen über Funk mit den anderen Robotern und einem externen Rechner kommunizieren.

Am Anfang waren die Roboter schwer, behäbig und sehr teuer. Mittlerweile wiegen Roboter, wie die der FU-Fighter[FuFighters] aus Berlin nur noch 10 kg

und sind mit einem omni-direktionalen Antrieb¹ ausgestattet. Zur Zeit ist der Trend in der Middle-Size-League, den differenzial Antrieb durch den omni-direktionalen Antrieb zu ersetzen. Auch die Gewinner der German Open 2005, die Brainstormers-Tribots aus Osnabrück[Tribots05], sind mit einem in der Small-Size-League verbreitetem omni-direktionalen Antrieb ausgestattet. Da jedoch keine globalen Sensoren erlaubt sind, muss der Spieler sich anhand von Markierungen und farbigen Toren zurechtfinden, was einem echten Fußballspiel schon näher kommt. In dieser Liga werden, wie auch in allen anderen Ligen, die Regeln jedes Jahr geändert, um die aktuellen Entwicklungen zu berücksichtigen. Seit 2002 werden zum Beispiel die Banden in dieser Liga weggelassen.

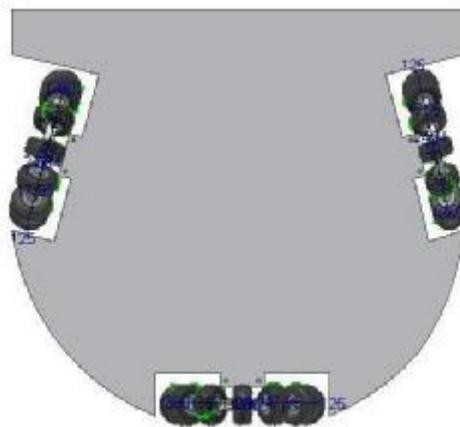


Abbildung 1.3 CAD-Zeichnung eines Omni-direktionalen-Antriebs der FU-Fighter

1.1.4 Humanoid-Robot-League

Diese Liga, die seit 2002 existiert, kommt in Form und Bewegung dem echten Fußballspiel am nächsten, allerdings ist der Entwicklungsstand noch nicht so weit fortgeschritten, weshalb sich die Disziplinen auf Laufen und Kicken beschränken. Es gibt verschiedene Größen-Klassen und vorgeschriebene Proportionen müssen eingehalten werden.

¹ „Bei dieser Art Antriebssystem handelt es sich um einen Drei-Achsen-Antrieb, wobei die Achsen symmetrisch im Winkel von 120 Grad angeordnet sind. Die Räder sind sogenannte „omni-directional wheels“, die hier in Deutschland auch „Allseitenrollen“ genannt werden. Diese Räder haben die Fähigkeit, aktiv über den Motor angetrieben zu werden und zusätzlich passiv, über die integrierten Rollen in dem Rad, quer zur Antriebssachse zu rollen. Der Vorteil bei diesem System ist, dass durch eine unterschiedliche Geschwindigkeitsregelung der Motoren der Roboter in jede beliebige Richtung fahren kann, ohne dass er sich drehen muss. Ein weiterer Vorteil liegt darin, dass die Gewichtsverteilung des kompletten Roboters nun auf drei Rädern liegt und somit die Balance des Systems erhöht.“[Seite 22, Mang04]

Am Ende wird die Humanoid-League alle anderen Fußball-Ligen vereinen und gegen das menschliche Pendant antreten.

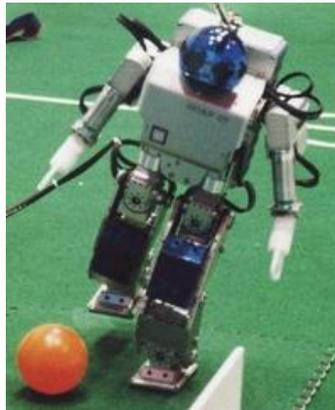


Abbildung 1.4 Spieler der Humanoid-League

1.1.5 Rescue-League und Rescue-Simulations-League

Die Rescue-League und Rescue-Simulations-League, die keine Fußball Ligen sind, gibt es seit 2001. Sie haben sich der Rettung von Menschenleben verschrieben. Es geht nicht darum, im Jahr 2050 Menschen zu retten, sondern, die in diesen Ligen gefundenen Erkenntnisse sofort in realen Einsatzgebieten zu nutzen. Als das World Trade Center 2001 zusammenstürzte wurde z.B. der Rettungs-Roboter von Robin Murphy eingesetzt, um nach Überlebenden zu suchen.

Zu den Disziplinen der Rescue-League gehört beispielsweise möglichst viele Puppen in künstlichen Szenarien zu retten und Einsatzgebiete zu kartieren. In der Rescue-Simulations-League müssen in einem simulierten Katastrophenszenario möglichst viele Menschenleben gerettet werden. Es müssen Einsätze von Rettungskräften virtuell geplant und koordiniert, Opfer gerettet, Brände bekämpft und blockierte Straßen geräumt werden.

Da diese Ligen nicht darauf abzielen, erst in der Zukunft ein Ergebnis zu liefern, sondern jetzt und heute schon mit einem praktischen Wert eingesetzt werden, gibt es hier keine Begrenzungen und auch Fernsteuerungen sind erlaubt, sozusagen „by any means necessary“ [MalcomX].

1.1.6 Junior-League

Die Junior-Liga dient nicht primär der Forschung, sondern der Ausbildung. Hier werden autonome Roboter aus handelsüblichen Bausätzen wie z.B. Lego-Minestorm von SchülerInnen zusammengebaut. In den lokalen Meisterschaften treten die SchülerInnen mit ihren Robotern im Robotdance, Robotrescue oder Robotsoccer Eins gegen Eins oder Zwei gegen Zwei gegeneinander an. Nationalkomitees gibt seit 1997 in Japan, seit 2001 in Deutschland, seit 2002 in Australien und seit 2003 in den USA.



1.5 First Lego League 2004 HAW-Hamburg - 13.11.2004

Die Junior-Soccer-League [RJRrules05] wird auf einem Feld von 87x119cm bei Eins gegen Eins und 122x183cm bei Zwei gegen Zwei gespielt. Der Boden ist mit einer matten Grauskala bedruckt. Das gesamte Spielfeld ist mit einer 14cm hohen mattschwarzen Wand umgeben. Die Tore sind mattweiß und jeweils 29cm oder 45cm Breit. Die Roboter dürfen 18cm oder 22cm Durchmesser haben. Der Ball hat einen Durchmesser von 8cm und sendet ein Infrarot-Licht aus.

1.1.7 Four Legged-Robot-League

Diese Liga entstand 1999 nachdem Sony den AIBO, einen lenkbaren Roboter-Spielzeughund mit schwenkbarer Kamera und Funk, der programmiert werden

kann heraus brachte. Neben dem Aspekt, dass der Hund „putzig“ aussieht und für Popularität sorgt, ist vor allem interessant, dass die Plattform für alle gleich ist und somit nicht die Geschicklichkeit in der Konstruktion eines Roboters über Sieg oder Niederlage entscheidet, sondern allein das programmierte Verhalten des AIBOs. Gespielt wird mit bis zu vier AIBOs pro Team, die über Funk miteinander kommunizieren dürfen, auf einem mit Farben markiertem 3x5 m großem Fußballfeld.



1.6 Spieler der Four-Legged-League der Sony AIBO

1.2 FIRA

Die “Federation of International Robot Soccer Association” wurde von Jong-Hwan Kim am Korea Advanced Institute of Science and Technology im Herbst 1995 in Korea gegründet und ist vorwiegend im asiatischen Raum verbreitet. Es gibt jedes Jahr einen Fira Cup der in den letzten Jahren in Frankreich (1998), Brasilien (1999), Australien (2000), China (2001), Österreich (2003) und zweimal in Korea (2002, 2004) stattfand.

In sechs verschiedenen Kategorien werden Wettkämpfe abgehalten: MiroSot, NaroSot, RoboSot, KheperaSot, HuroSot und SimuroSot. Die MiroSot, NaroSot und RoboSot sind wohl am ehesten mit der Small-Size-League vom RoboCup zu vergleichen. Es gibt eine globale Kamera, die Roboter sind markiert, die daraus resultierenden Daten werden den Roboterprogrammen zur Verfügung gestellt und selbst der Ball ist orange.

In der MiroSot sind die Spieler auf eine Kantenlänge von 7,5cm beschränkt und es wird in drei Kategorien mit einem Golfball gespielt: a: Small League mit Drei

gegen Drei auf einem Feld von 150x130cm, b: Middle League mit Fünf gegen Fünf auf einem Feld von 220x180cm und c: Large League mit Sieben gegen Sieben auf einem Feld von 280x220cm.

In der NaroSot ist alles genauso wie in der MiroSot nur die räumlichen Dimensionen sind kleiner. Der Spieler darf hier nur 4x4x5,5cm groß sein, das Spielfeld ist hier 130x90cm groß, der Ball ist ein orangefarbener Tischtennisball und es spielen Fünf gegen Fünf Spieler.

Die Spieler in der RoboSot sind mit 20x20x40cm größer, spielen allerdings auch nur mit ein bis drei Spielern pro Team auf einer Fläche von 220x180cm. Es wird mit einem Tennisball gespielt und mehr auf Autonomie gesetzt.

In der KheperaSot spielt nur Einer gegen Einen auf einem Spielfeld von 105x68cm mit einem gelben oder weißen Tischtennisball. Die Spieler haben einen maximalen Durchmesser von 6cm und müssen vollständig autonom agieren.

Die HuroSot ist das Pendant zur Humanoid League des RoboCup, denn hier laufen die Roboter auf zwei Beinen. Sie dürfen zwischen 15 und 40cm groß sein und es gibt maximal drei Spieler in einem Team.

Die letzte Kategorie ist die SimuroSot, sie ist die Simulations-Liga der FIRA. Hier gibt es keine realen Spieler und kein reales Spielfeld.

1.3 „HAW-League“

Eine offizielle HAW-League gibt es bis zum heutigen Tag nicht, würde aber sinnvoll sein, da der motivierende und ausgleichende Effekt einer solchen Liga wünschenswert wäre.

„Roboter-Wettbewerbe bieten Ansatzpunkte nicht nur für die universitäre Ausbildung. Erfahrungen verschiedener internationaler Initiativen haben gezeigt, dass die Lern- und Motivationserfolge durch Wettbewerbe sehr hoch sind. Weiterhin bekommen die Teilnehmer hochschulübergreifender Veranstaltungen die Möglichkeit, nationale und internationale Kontakte zu knüpfen. Bei Roboter-Wettkämpfen sind viele Wissenschaftler, Studierende und Industrievertreter in ungezwungener Atmosphäre versammelt, die gerne einen Einblick in ihre Arbeit

gewähren und sich auch für die Anstrengungen der Teilnehmer interessieren.“
[Seite 49 in KochB03]

Studenten der HAW wird es derzeit nicht möglich sein an der eigentlichen RoboCup Weltmeisterschaft teilzunehmen, da beim momentanen Aufbau des Studiums entweder einmal 16 Semester Stunden in einem Wahlpflichtkurs zur Verfügung ständen, was nicht für Weiterentwicklungen reichen würde oder eine individuelle Beschäftigung mit diesem Thema in der Studien- oder Diplomarbeit möglich ist. In beiden Fällen fehlt die Kontinuität und Quantität, die die Studenten mit Roboterfußball verbindet. Weiterhin steht der HAW im Normalfall nicht genügend Geld zur Verfügung, um mit diesen Mitteln der Entwicklung beim Roboterfußball Stand halten zu können.

Die Junior-League ist nicht komplex genug, um den Ansprüchen einer Liga gerecht zu werden. Die Komplexität der Sensoren und des Spielfeldes lassen es nicht zu, aus Informatikersicht ein wirkliches Verhaltensmuster eines Roboters oder Roboterteams zu generieren. In der Praxis hat sich gezeigt, dass zu viele willkürliche Ereignisse, wie z.B. ungewollte Eigentore, auf dem Feld stattfinden und eine Orientierung zu Verhaltenssteuerung nicht möglich war. Eine Erweiterung des Spielfeldes und der Sensoren und damit die Erweiterung der vorgegebenen Möglichkeiten zur Situationserkennung ist hier sinnvoll.

Erste Ansätze gibt es z.B. im Robotlabor der Informatik in der HAW-Hamburg. Hier steht ein Fußballfeld, welches dem Junior Feld mit Eins gegen Eins Spielern gleicht. Der Unterschied besteht darin, dass jedes Tor ein Leuchtfeuer hat und dadurch zwischen Freund- und Feind-Tor leichter unterschieden werden kann. Außerdem besteht der Boden aus einfarbigem Filz. Bei diesem Spielfeld rollt der Ball nicht so weit, so dass zufällige Eigentore weitgehend vermieden werden können. Die Leuchtfeuer ermöglichen eine genauere Zielanvisierung sowie die Entscheidung aus dem Stand, welches das richtige Tor ist.

Wenn nun ein Grad der Erweiterungen in allen HAWs definiert werden würde, wäre es möglich, nach diesen Regeln ein HAW-Turnier stattfinden zu lassen. Die Studenten der HAWs würden aus ihren vier Wänden heraus kommen, sich mit Studenten aus anderen Städten vergleichen und austauschen. Die Motivation in einer Studien- oder Diplomarbeit die eigene HAW „nach vorne zu bringen“ würde dadurch gesteigert werden und ein Synergieeffekt unter den HAWs würde nicht mehr nur noch unter den Professoren stattfinden, sondern auch unter den Studenten.

2 Das HAW-Hamburg-Roboter-Labor

1996 entstand an der HAW-Hamburg das Projekt "Integration Kognitiver Systeme"[IKS96] im Bereich Informatik. Seitdem bewegte sich der Schwerpunkt in Richtung kognitiver Robotik. Das für Ausbildungszwecke entstandene Roboter-Labor ist heute der Hauptbestandteil dieses Projektes.

Bestandteile dieses Labors sind verschiedene Robotersysteme. Das Konzept und die Hardware des MIT Course 6.270 waren 1995 die Gründungsbausteine des Labors und gaben die Möglichkeit, einfache eigene Roboterkonzepte zu planen und zu realisieren, sowie Wettbewerbe mit einer Vielzahl von Robotern durchzuführen. Schnell folgte die Erweiterung des Labors mit einem Pioneer Roboter, welcher eine fest vorgegebene professionelle Plattform zur Entwicklung von Programmen auf einem höheren Startpunkt ermöglichte.

Heute stehen für Wettbewerbe auch LEGO RCX Bausteine mit LePoMUX-Erweiterung zur Verfügung, die beiden Pioneer Roboter sind mit Kameras ausgestattet und erste Versuche mit dem an der FH-Brandenburg entwickeltem Aksen-Board und dem RCUBE werden durchgeführt.

Seit letztem Jahr hat die HAW-Hamburg im Bereich Maschinenbau noch ein zweites Roboterlabor, in dem Fußball gespielt wird. Hier liegt der Schwerpunkt auf der Konstruktion von Robotern und nicht auf der Software- und Elektronikentwicklung zur Roboterhaltensmanipulation. Die Roboter in diesem Labor werden mit Minstorm Bausätzen ohne Erweiterung konzipiert und gespielt wird nach den original RoboCup-Junior-League-Regeln.



Abbildung 1.7 RoboCup-Junior-League Spielfeld im Bereich Maschinenbau an der HAW-Hamburg

2.1 MIT 6.270 Board mit Expansions-Board

Das MIT 6.270 Roboterboard [RBLTut94], welches mit einem Motorola 68HC11 8 Bit Microcontroller mit 8Mhz betrieben wird, entstand im Rahmen der Dissertation zu alternativen Lernformen von Fred Martin am Massachusetts Institute of Technology.

Das Roboterboard hat folgende Eigenschaften: 32 KB RAM, sechs bidirektionale phasenmodulierte Motortreiber, zwei LED Ausgänge, einen Servo-Anschluss, einen Ausgang moduliertes Infrarot, 8 digitale Eingänge, 16 analoge Eingänge, eine serielle Schnittstelle und ein LC-Display. Das Board, welches mit einem 8 mal schnelleren C64 vergleichbar ist, wird in „interactive C“ programmiert und ist multitaskingfähig.



Abbildung 2.1 MIT 6.270 Roboter-Board

2.2 Minstorm und LePoMUX

In vielen Wettbewerben der RoboCup-Junior-League werden Minstorm Baukästen, die eigentlich für Kinder von 10 bis 16 Jahren von der Firma LEGO konzipiert wurden, eingesetzt. Diese Baukästen bestehen aus einem RCX (programmierbarer Legobaustein), einem Lichtsensor, zwei Berührungssensoren, zwei 9V-Motoren und diversen LEGO-Technik-Bausteinen. Der RCX wird getrieben von einem multitaskingfähigen Hitachi H8/3292-Microcontroller mit 16 KB ROM und 32 KB RAM mit drei 10 Bit Analogeingängen, drei Ausgängen für Motoren mit Pulsweitenmodulation, LC-Display, vier Steuerungstasten und einer Infrarotschnittstelle.

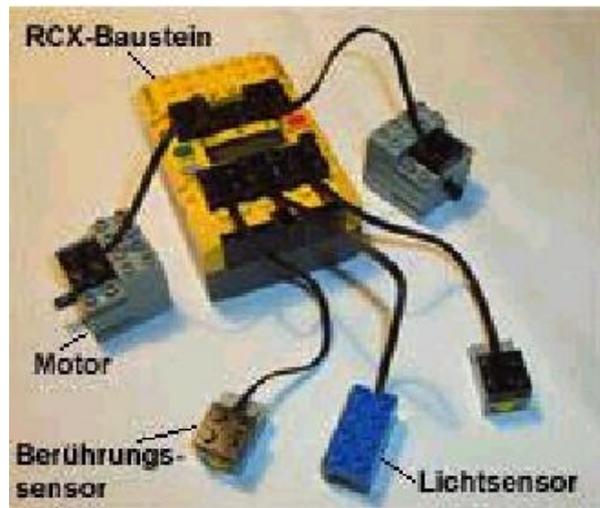


Abbildung 2.2 RCX-Baustein mit Sensoren und Motoren

Da der RCX mit drei Eingängen und drei Ausgängen nur eine sehr eingeschränkte Nutzbarkeit, selbst für einfache Problemstellungen hat, wurde 2003 an der HAW-Hamburg von Dietmar Cordes und Gunter Lemm eine LEGO-taugliche Erweiterung mit dem Namen LePoMUX[CordLemMD03] für die Ein- und Ausgabe des RCX entwickelt. Die sechs Ein- und Ausgangsports des RCX werden durch LePoMUX auf 16 erhöht. Dadurch ist die Benutzung von IR-Beacon-Detection, vier Lego-kompatiblen Eingängen, vier Eingängen für Sharp-Distanzsensoren, vier Lego-kompatiblen Motorausgängen und die Steuerung von vier Servos möglich[vgl. Jensen04].

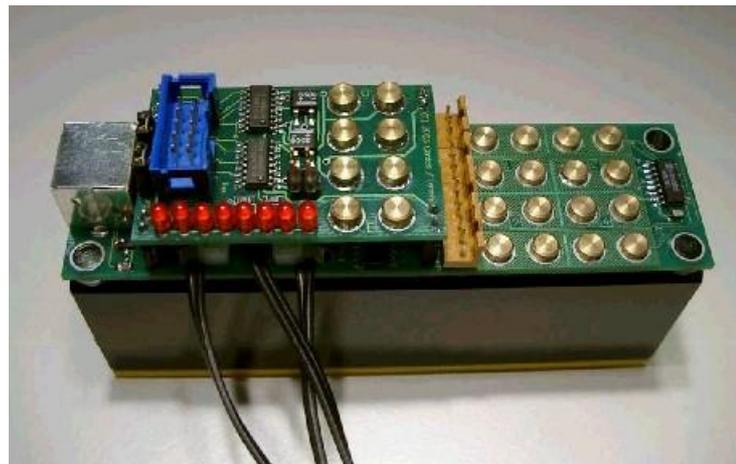


Abbildung 2.3 Minstorm Erweiterung LePoMUX

Eine Kameraerweiterung des RCX mit dem Namen Vison-Command wurde von LEGO im Jahr 2000 herausgebracht. Die Software zur Vison-Command-Kamera ist in der Lage auf Bewegungen und angelegte Farben zu reagieren. Dann werden die jeweiligen Kommandos zum RCX gesendet und diese dort ausgeführt. Leider ist die Vison-Command-Software ein Baukastenprinzip und es können nur von der Software vorgegebene Bilderkennungsalgorithmen

benutzt werden. Eine weitere wichtige Einschränkung ist, dass während der Benutzung der Vision-Command keine Programme auf dem RCX ausgeführt werden können. Diese beiden Einschränkungen degradieren die Vision-Command-Erweiterung leider zum Spielzeug und sie ist keine sinnvolle Erweiterung für das Roboter-Labor.

2.3 Aksen Board

Das Aksen-Board [vgl. LaborKIFHB05] wurde an der FH-Brandenburg zur nachfolge vom 6.270 Board entwickelt. Die Möglichkeiten dieses Boards sind umfangreicher und es ist durch ein Sandwichprinzip und einen CAN-Bus einfach und kompakt kombinierbar mit anderen Boards.

Es hat 15 analoge Eingänge, 16 digitale, frei konfigurierbare Ein- und Ausgänge, vier bidirektionale phasenmodulierte Motortreiber, vier LED Treiber, drei Servo-Ausgänge, einen modulierten Infrarotausgang, drei Encoder-Eingänge, eine serielle Schnittstelle, ein CAN-Bus Interface, 64 KB Flash-RAM und ein LC-Display. Getrieben wird das Board von einem 8 Bit SAB80C515A Microcontroller mit 12 MHz der unter Windows oder Linux mit nativem GPL-C programmiert wird.

Das Aksen-Board stellt zu diesem Zeitpunkt wohl die beste Preisleistungslösung zur programmgesteuerten Motoransteuerung und Sensorverwaltung da.



Abbildung 2.4 Aksen Roboter-Board

2.4 Rcube Plattform

Der RCube[vgl. Rcube05] ist ein Roboter-Board, welches aus den drei Komponenten CPU-Board, Video-Board und dem Aksen-Board besteht. Die Verbindung zu den üblichen Aktoren und Sensoren übernimmt das Aksen-Board. An das Video-Board können bis zu vier Kameras angeschlossen werden und ein Video-Ausgang macht das Debuggen einfacher. Das Herzstück ist eine CPU-Karte mit einem 200 MHz StrongARM Prozessor und 32 MB RAM auf der ARM-Linux läuft. Das alles befindet sich auf einer Grundfläche von 7x10 cm und kommuniziert über einen CAN-Bus miteinander.

Der RCube wurde an der FH-Brandenburg entwickelt und stellt eine "preisgünstige" Roboterplattform für sehende intelligente autonome System da.



Abbildung 2.5 Rcube Roboter Plattform

3. „Das Runde muss ins Eckige“

Bei jedem Fußballspiel stellt sich die Frage, wie „das Runde“ möglichst schnell und häufig in „das Eckige“ kommt. Normalerweise trifft ein beschleunigter Fuß, unmittelbar bevor der Ball im Tor landet, den Ball. Häufig scheitert dieser Versuch, da der Auftreffwinkel vom Fuß auf den Ball nicht zum gewünschten führt.

Beim Fußball spricht man dabei eher von Ballgefühl, beim Baseball würde man bei erfolgreichem Schlag von einer guten „Hand-Auge-Koordination“ sprechen. Beim Schlag des Balles mit dem Schläger geht es darum, den heran fliegenden Ball nicht aus den Augen zu verlieren. Nun wird der Schläger durch die eine

erlernte Fähigkeit zum entgegenseitigen Ball beschleunigt. Da der Schlagende an dieser Stelle keine visuelle Kontrolle über den Schläger hat, muss das Wissen über den eigenen Körper an dieser Stelle die Information liefern, die dazu führt, dass die visuell kontrollierte Bewegung des Balles mit der „gefühlgesteuerten“ Bewegung des Schlägers an einem räumlichen Punkt aufeinander treffen.

Bei einer Kamera, die auf dem Roboter angebracht ist und sich auf ein Ziel ausrichten lässt, ist diese Vorgehensweise ähnlich. Nicht so bei einer zentralen Kamera: Hier ist es möglich, Ball und Roboter visuell zu kontrollieren. Da das Ziel beim RoboCup die Entwicklung eines Roboters ist, der einem menschlichen Fußballspieler ähnelt, ist es notwendig, die Bewegung des Roboters aus visuell kontrollierter „subjektiver“ Sicht zu bestimmen.

Diese Aufgabe lässt sich in drei Teile zerlegen. Das Erkennen des Balls und des Tores, die Bedienung der Motorik des Roboters, die Verbindung beider Resultate und damit das Matchen der gedachten Bewegungslinien.

3.1 Ball- und Torerkennung

Bei der Ball- bzw. Torerkennung kann man mit Standardlösungen arbeiten, sofern genügend Geld für Equipment und Rechenkapazität vorhanden ist. Sobald es jedoch Gewichts- oder Platzrestriktionen gibt oder auf das Budget geachtet werden muss, müssen Eigenentwicklungen erstellt werden, die an die realen Voraussetzungen angepasst werden. Hier sind hauptsächlich die Beschränkungen des Speichers, der Rechenleistung und die Bandbreite des Bussystems beim RCubes zu berücksichtigen

3.2 Bedienung der Motorik

Bis jetzt war die Wahl des Antriebs im HAW-RoboterLabor der Differentialantrieb, da er ein bekanntes und leicht zu konstruierendes Antriebssystem ist. Allerdings sind die Freiheitsgrade gegenüber dem sich in der Small-Size-League durchgesetzten omni-direktionalen Antrieb doch beschränkt. Als Roboterrumpf könnte gut die neue von Michael Manger[Mang04] entwickelte Roboter Plattform

mit omni-direktionalem Antrieb fungieren. Die Schnittstelle zur Bewegungsmotorik sollte abstrakt bedienbar und die gewünschten und realen Bewegungsabläufe müssen bei nicht Übereinstimmung zwischen Theorie und Praxis dynamisch rekalisierbar sein.



Abbildung 3.1, Spieler der Middle-Size-League des Fu-Fighter Teams

3.3 Hand-Auge-Koordination

Bei der Hand-Auge-Koordination sind verschiedene Lösungen möglich. Zum Beispiel können neuronale Netze [vgl. VisuoM97] eingesetzt werden, mit denen der gewollte Bewegungsablauf einstudiert wird. Eine andere Möglichkeit wäre ein regelbasiertes System [vgl. icra99], welches abstrakte Werte beider Bewegungsendpunkte zueinander führt. Eine Programmierung im klassischen Stil der Logik wäre hier nicht sinnvoll, da die Problematik keine sicheren Daten liefert und die Komplexität der Entscheidungsmöglichkeiten zu hoch ist.

4 Fazit

Roboterfußball wurde an der HAW-Hamburg bis heute mit einem Ball gespielt der Infrarotlicht aussendet. Um sich aber einer realen Umgebung und auch den Middle-Size-League-RoboCup Regeln anzunähern ist es notwendig, auch ohne eben diesen Infrarot-Ball auszukommen.

In der Studien- und Diplomarbeit von Michael Manger [Mang03][Mang04] wird mit Hilfe von Sharp[SHARPIR12] Abstandssensoren (GP2D12) ein kostengünstiger Roboter entwickelt, der auch ohne einen Infrarot-leuchtenden Ball auskommt.

An der HAW-Hamburg sind zur Zeit drei Diplomarbeiten in Arbeit, die eine Annäherung an den RoboCup möglich machen. Lars Brandt beschäftigt sich in seiner Diplomarbeit damit, einen farblich markierten Ball mit Hilfe des RCube und einer Kamera zu erkennen, Timo Storjohann mit genetischer Programmierung der Antriebskoordination eines omni-direktionalen Antriebs und Michael Ziemer mit der Programmierung und Konstruktion einer stabilen Roboter-Plattform mit omni-direktionalem Antrieb.

Die Verbindung dieser drei Diplomarbeiten und einer Aufwertung durch eine variable und dadurch aufgabenunabhängige „Hand-Auge-Koordination“ können Grundlage für die Entwicklung einer Verhaltenssteuerung eines Fußball-Roboters in Anlehnung an die Middle-Size-League sein und damit der Königsklasse des RoboCup. Eine solche Plattform, die einen einfachen und schnellen Einstieg ermöglicht würde auch Studenten, die an einem 16-stündigen Praktikum teilnehmen, ermöglichen auf einer wettbewerbsfähigen Plattform ihr Können preiszugeben. Ein daraus entstehender reproduzierbarer kostengünstiger Kamera gesteuerter Roboter mit omni-direktionalem Antrieb würde eine Lücke zwischen den RoboCUP-Weltmeisterschafts-Ligen und den RoboCUP-Junior-Ligen schließen.

Hinweis zu Markennamen

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

Literaturverzeichnis

- [MobRob96] Joseph L. Jones und Anita M. Flynn, Mobile Roboter - Von der Idee zur Implementierung, Bonn, Addison-Wesley, 1996, ISBN: 3-89319-855-5
- [Endsp2050] Hans-Dieter Burkhard und Hans-Arthur Marsiske, Endspiel 2050 - Wie Roboter Fußball spielen lernen, Hannover, Heise Zeitschriften Verlag, 2003, ISBN:3-936931-02-X
- [RBLTut94] Robot Building Laboratory -- Tutorial and Jump Start Session Authored by Gerhard K. Kraetzschmar. With contributions by Henry Hexmoor, Jeffrey Graham and Willie Lim. Tutorial Notes for AAAI-94 Robot Building Lab (RBL-94). AAAI, Seattle, WA, USA, August, 1994.
- [Balze02] Rainer Balzerowski: Realisierung eines webcambasierten Kamera-Systems für mobile Roboter <http://users.informatik.haw-hamburg.de/~lego/Projekte/Balzerowski/diplomarbeit-www.pdf> (Zugriffsdatum: 27.4.05)
- [CordLemmS03] Dietmar Cordes, Gunther Lemm: Konzeption von I/O-Erweiterungen für Lego Mindstorm. Studienarbeit von 2003. <http://users.informatik.haw-hamburg.de/~kvl/lepomux/lepomux.pdf> (Zugriffsdatum: 28.4.05)
- [CordLemmD04] Dietmar Cordes, Gunther Lemm: Entwicklung einer mikroprozessorbasierten Sensor- / Aktorerweiterung für das LEGO-Mindstorm System. Diplomarbeit von 2004. <http://users.informatik.haw-hamburg.de/~kvl/cordes/diplom.pdf> (Zugriffsdatum: 28.4.05)
- [Egoro04] Anna Egorova: MAAT - Multi Agent Authoring Tool for Programming Autonomous Mobile Robots, Diplomarbeit, Institut für Informatik, Freie Universität Berlin, 2004 http://robocup.mi.fu-berlin.de/docs/anna_diplom_arbeit.pdf (Zugriffsdatum: 2.5.05)

- [icra99] A. Hauck, M. Sorg, T. Schenk, and G. Färber, What can be Learned from Human Reach-To-Grasp Movements for the Design of Robotic Hand-Eye Systems? <ftp://ftp.lpr.e-technik.tu-muenchen.de/pub/papers/rovi/icra99-ah+ms+ts.ps.gz> (Zugriffsdatum: 2.5.05)
- [Jensen04] Björn Jensen: Konzeptionierung eines Labors für Künstliche Intelligenz und Robotik. Studienarbeit von 2004 <http://users.informatik.haw-hamburg.de/~kvl/jensen/studien.pdf> (Zugriffsdatum:27.4.05)
- [KochB03] Birgit Koch: Einsatz von Robotikbaukästen in der universitären Informatikausbildung am Fallbeispiel "Hamburger Robocup: Mobile autonome Roboter spielen Fussball". Diplomarbeit, Fachbereich Informatik, Universität Hamburg, Februar 2003. http://www.kochcompany.de/kc/ftp/diplomarbeit_koch.pdf (Zugriffsdatum 27.4.05)
- [Mang03] Michael Manger. Design und Realisierung von „kostengünstigen“ fußballspielenden Robotern. Studienarbeit von 2003. <http://users.informatik.haw-hamburg.de/~kvl/manger/studienarbeit.pdf> (Zugriffsdatum: 27.4.05)
- [Mang04] Michael Manger: Design und Realisierung einer experimentellen Plattform für Roboterfußball. Diplomarbeit von 2004 <http://users.informatik.haw-hamburg.de/~kvl/manger/diplom.pdf> (Zugriffsdatum: 27.4.05)
- [Petrov04] Slav Petrov: Computer Vision, Sensorfusion und Verhaltenssteuerung für Fußball-Roboter, Diplomarbeit, Institut für Informatik, Freie Universität Berlin, 2004. http://robocup.mi.fu-berlin.de/docs/slav_diplom_arbeit.pdf
- [VisuoM97] Visuomotorische Koordination eines Roboterarmes mit Kohonen-Karten, Neuronalem Gas und Dynamischen Zellstrukturen – ein Vergleich http://www.ks.informatik.uni-kiel.de/modules.php/name+Downloads,d_op+getit,lid+1332 (Zugriffsdatum: 2.5.05)
- [Kickcom02] Kickende Computer S.86 c't 13/2002

- [Aksenshop05] Aksen Shop: <http://www.aksen-roboter.de/stage/index.html> (gesichtet am 18.4.05)
- [FiraÖst03] Fira Weltmeisterschaftsseite aus Österreich
<http://www.ihurt.tuwien.ac.at/FIRAWM03/german/default.html> (gesichtet am 18.4.05)
- [FuFighters] Homepage Fu-Fighters aus Berlin <http://robocup.mi.fu-berlin.de>
(Zugriffsdatum 29.4.05)
- [IKS96] Homepage des Projekts: „Integration Kognitiver Systeme“ an der HAW-Hamburg. <http://users.informatik.haw-hamburg.de/~kvl> (Zugriffsdatum 27.4.05)
- [LaborKIFHB05] Labor für Künstliche Intelligenz an der Fachhochschule Brandenburg:
<http://ots.fh-brandenburg.de/index.php> (gesichtet am 18.4.05)
- [RCube05] RCube: <http://ots.fh-brandenburg.de/rcube> (Zugriffsdatum 27.4.05)
- [RJRRules05] Regelwerk RoboCup-Junior-Soccer
http://alex.ais.fraunhofer.de/zeno/web/Regelwerk_RoboCup_Junior_Soccer_League_2005.pdf?action=openattachment&id=16654&attachmentid=5744&rootid=15465 (Zugriffsdatum 27.4.05)
- [SHARPIR12] Sharp Sensor Information zum Typ GP2D12
<http://www.acroname.com/robotics/parts/R48-IR12.html> (Gesichtet am 27.4.05)
- [Tribots05] Homepage Brainstormers Tribots aus Osnabrück
<http://amy.informatik.uos.de/tribots/> (Zugriffsdatum 29.4.05)

Abbildungsverzeichnis:

0.1 Roboter-Fussball-Contest Sommer 2004 an der HAW-Hamburg	Seite 2
http://users.informatik.haw-hamburg.de/~kvl/summer2004.pdf	
1.1 RoboCUP Weltmeisterschaft in Japan 2002	Seite 4
http://www-ds.e-technik.uni-dortmund.de/~robotics/content/fotos/wm02/japan_013.jpg	
1.2 Small-Size-League Spieler in 2004	Seite 6
http://robocup.mi.fu-berlin.de/images/go04/DSCF0023.JPG	
1.3 CAD-Zeichnung eines Omni-direktionalem-Antriebs der FU-Fighter	Seite 7
http://robocup.mi.fu-berlin.de/images/midsizebilder-Entwicklung-2003/micron_neu.jpg	
1.4 Spieler der Humanoid-League	Seite 8
http://www.ais.fraunhofer.de/robocup/HL2004/images/image_hoap500.JPG	
1.5 First Lego League 2004 HAW-Hamburg - 13.11.2004	Seite 9
http://users.informatik.haw-hamburg.de/~kvl/fll2004/IMG_0833_t.jpg	
1.6 Spieler der Four-Legged-League der Sony AIBO	Seite 10
http://www.ais.fraunhofer.de/GO/2004/bilder/HNF_RoboCup_JB_02.jpg	
1.7 RoboCup-Junior-League Spielfeld im Bereich Maschinenbau an der HAW-Hamburg	Seite 13
2.1 MIT 6.270 Roboter-Board	Seite 14
2.2 RCX-Baustein mit Sensoren und Motoren	Seite 15
2.3 Minstorm Erweiterung LePoMUX	Seite 15
2.4 Aksen Roboter-Board	Seite 16

2.5 Rcube Roboter Plattform

Seite 17

3.1, Spieler der Middle-Size-League des Fu-Fighter Teams

Seite 19

<http://robocup.mi.fu-berlin.de/images/prototypen2003/newOmni.jpg>