

Projektdokumentation:

Maurice Hüllein

Benjamin Höpner

Konstruktion

(Chassis)

4 Modellbaumotoren

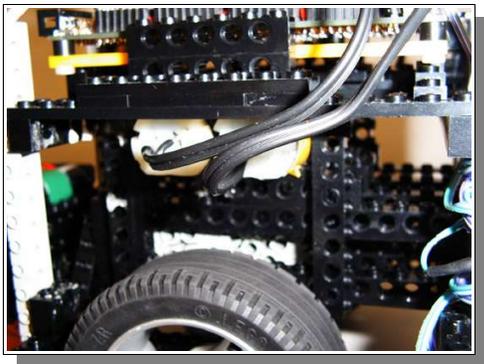
zwei große Räder

1 Tennisball (Nachlauftrad)

2 Akkupacks

Vorüberlegungen/ Chassis

Da zu Beginn noch keine Erfahrung mit der Aufbau eines Roboters bestand wurde zunächst ohne feste Strategie der Bau des Fahrgerüsts begonnen. Als wichtig wurde nur erachtet, dass der Roboter selbst unter höherer Last genügend Kraft entwickeln könnte. Aus diesem Grunde wurden gleich zu Beginn vier Modellbau-Motoren eingebaut.



Durch diese Anzahl kamen schnell Platzprobleme auf, denn die Regeln des RoboCup besagen, der Roboter dürfe die Fläche eines Din A4-Blattes nicht überschreiten. Daher mußten Die Motoren oberhalb der Räder und des Getriebes (Übersetzung 1:125) befestigt werden, was die Bauhöhe der Maschine nach oben trieb. Hierbei erwies es sich schwierig, die Motoren so anzubringen, dass sie genau in die genormten Zahnräder der Legobauteile griffen und dennoch höheren Belastungen standhielten, ohne

verschoben zu werden. Der Einsatz von Klebeband und Kabelbindern brachte den erwünschten Erfolg.

Das Aksenboard konnte zuletzt direkt auf einer Plattform über dem Getriebe montiert werden, wodurch der Zugriff auf die Anschlüsse und das Display stets gewährleistet war. Trotz der Tatsache, dass der Bau des Gerüsts ein erster Versuch war, konnte die Konstruktion mit kleineren Einbußen (Größe, Motoraufhängung) alle Kriterien erfüllen und war somit bereit für den Einsatz.

(Sensoren)

4 Infrarotempfänger (Ball)

2 Infrarotempfänger + 2InfrarotSender (Hindernisdetektion)

2 Infrarotempfänger (Tor)

1 Kompass

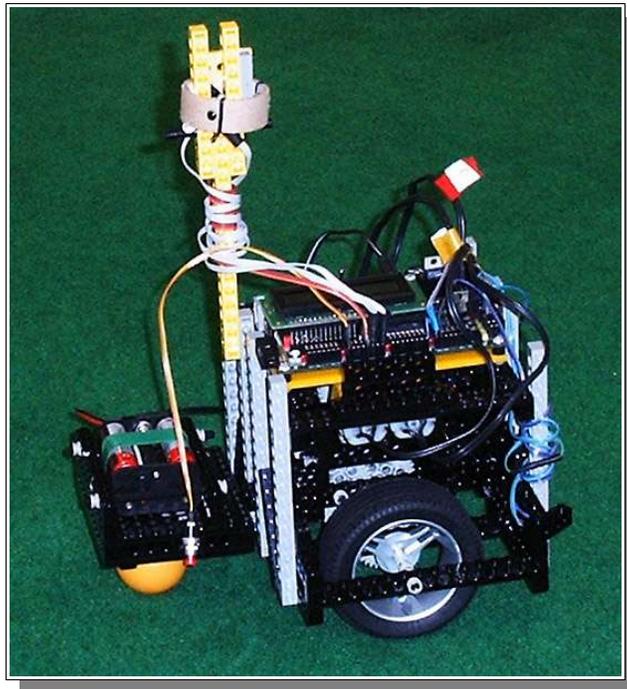
Sensorik

Um die Sensorik und Funktionalitäten des Aksenboards kennenzulernen und die vorläufige Konstruktion des Roboters testen zu können wurden zunächst nur einfache Tastschalter als Abstandssensoren angebracht. Nachdem der Roboter dann allerdings mit angemessener Geschwindigkeit - die vier Motoren brachten wie erwartet viel Kraft, waren aber aufgrund der gewählten Übersetzung nur mäßig schnell - von Wand zu Wand prallte wurde klar, dass ausgefeiltere Sensoren vonnöten sein würden.

Daher wurden an der "Stoßstange" jeweils am rechten und linken Rand ein IR-Empfänger/Sender Paar mit 45°-Drehung zur Außenseite angebracht. Es war ein wichtiges Ziel, nur möglichst wenig Sensoren zu benutzen, um Energie zu sparen und die späteren Taktiken simpel zu halten.

Bei diesem Unterfangen kam das erste große Problem auf: Die Sensoren lieferten teilweise keine Daten, selbst nach mehrfachem Wechsel der Empfänger/Sender und stundenlangem Experimentieren mit den Schwellwerten innerhalb der Software kamen keine Ergebnisse zustande. Letzten Endes stellte sich heraus, dass das Aksenboard an den Analogeingängen einen Wackelkontakt hatte. Allein dies herauszufinden beanspruchte immens viel Zeit.

Nachdem die Abstandssensorik einsatzbereit gewesen war, sollte die Torfindung realisiert werden. Dazu wurde eine Sensorturm am hinteren Ende des Roboters montiert. An diesem konnten dann in Höhe der Torsender drei Infrarotempfänger befestigt werden. Die Empfänger wurden in einen Papperring mit jeweils gleichmäßigem Abstand eingebettet, so dass es durch wenig Drehungsenergie möglich wäre, das Tor zu finden.



Roboter in seiner Grundform. Zu sehen der hohe Sensorturm mit den drei Tor-IR-Empfängern sowie den Akku-Schlitten, welcher ein passendes Gegengewicht zum vorderen Teil darstellt und das Nachlaufgrad stützt. Im Gegensatz zum neueren Modell wurden noch dickere Reifen verwendet. Zudem fehlt der Kompass, die Ballsensorik und der zusätzliche Akkumulator.

Wunschgedanke war zusätzlich, dass ein Kompass benutzt wird, um die grobe Richtung zum eigenen, sowie zum gegnerischen Tor zu finden. Leider erwiesen sich alle Tests mit dem Kompass als katastrophal.

Das bis heute nicht ergründete Problem war, dass der Kompass unter Testbedingungen (Ausgabe der Sensorwerte über Aksen, Kompass allerdings nicht fixiert), zwar gute Ergebnisse lieferte, bei Montage allerdings unbrauchbar wurde. Diese Erkenntnis und unzählige Versuche, den Kompass sinnvoll zu nutzen beanspruchte zahlreiche wertvolle Stunden.

Die nächste Hürde ergab sich, als das Zusammenspiel der Sensoren für Torfindung und Hindernisausweichen erprobt werden sollte: Die IR-Sensoren ergaben schlechte bzw. keine Werte. Die erste Vermutung, es sei Feineinstellung an den Schwellwerten für die Toleranz der IR-Empfänger notwendig, stellte sich als falsch heraus.

Vielmehr lag wurzelte das Problem an mangelnder Stromversorgung. Das Akkupack war nicht mehr in der Lage, alle Komponenten mit konstanter und ausreichender Spannung zu versorgen.

Als erstes wurde das Getriebe überprüft. Es schien etwas zu schwerfällig und die Vermutung lag nahe, es würde dadurch zu viel Strom aufnehmen. Tatsächlich lagen einige Zahnräder zu eng aufeinander.

Nachdem das Problem durch leichte Repositionierung und dem Einsatz von mehr Kabelbinder gelöst worden war zeigte das Amperemeter eine Ersparnis von 0.2A, was leider nicht ausreichte. Die letzte und rettende Alternative war somit die Parallelschaltung eines weiteren Akkupacks.

Leider erst in den letzten Stunden der Projektarbeit ist es doch gelungen, den Kompass für den Einsatz zu gebrauchen. Die Befestigung des Kompass am obersten Ende des Sensorikturmes erbrachte die gewünschte Isolation(?) von den vermeintlichen Störelementen des Aksenboards.

Da nun die Torfindung erheblich vereinfacht werden konnte (siehe Absatz über Software-Techniken) wurde der nach hinten gerichtete Torsensor obsolet und die verbleibenden zwei wurden enger aneinandergebracht.

Softwaretechniken

Gleich zu Beginn des Projektes wurde der Entschluß gefasst, das Programm zur Steuerung des Roboters als state machine zu realisieren, um einen möglichst modularen und leicht zu wartenden Quellcode zu produzieren.

Da leider der Roboter in seinem Konstrukt, wie auch die Software nicht fertig geworden sind, können hier nur die Ansätze beschrieben werden.

Grundsätzlich wurden von drei wichtigen states ausgegangen:

- Tor suchen
- Hindernis ausweichen
- Ball suchen

Suchen des Tores:

Durch den Einsatz des Kompass die beste Disziplin des Roboters. Bei Beginn wird der Kompass auf Richtung des gegnerischen Tores initialisiert. Durch den acht-Wege Sensor ist der Roboter somit in der Lage, das Tor mit einer Abweichung von $< 45^\circ$ sofort anzusteuern. Die Feinsteuerung übernehmen nach dieser ersten Drehung die beiden Tor-IR-Empfänger. Ab diesem Zeitpunkt wird der Kompass nur noch dann eingesetzt, wenn der Kontakt der IR-Sensoren zum Tor abbricht.

Die Suche des Tores wird dabei mit den Abstandssensoren kombiniert. Bislang (zum Test) hat das Ausweichen eines Hindernisses die größte Priorität. Dabei wird über die Signalstärke des von einem Hindernis reflektierten Infrarotstrahles bestimmt, wie scharf der Roboter ausweicht:

Ist das Hindernis sehr nahe, wird mit voller Kraft weggesteuert, bis das Objekt nicht mehr geortet wird. Ist es hingegen weiter entfernt, wird in einem leichteren Bogen ausgewichen.

Erkennen des Balles:

Auch wenn zum Ende hin noch eine Phalanx aus vier IR-Sensoren in Ballhöhe und einem höher postierten zur Differenzberechnung angebracht wurden, blieb leider keine Zeit, die Abfrage zu verfeinern oder eine geeignete Strategie zu entwickeln.

Nutzung der IR-Sensoren:

An dieser Stelle sei betont, dass die Nutzung von richtigen Schwellwerten für die Erkennung der IR-Signale, sowie das Differenzverfahren zur Isolation der Signale vom Umgebungslicht unabdingbar für eine funktionierende Sensorik waren.

Denn selbst mit diesen Techniken zeigt sich die Sensorik noch als sehr fehleranfällig.

Warum er nicht turnierfähig geworden ist

Trotz intensivstem Einsatz und einigen Überstunden ist der Roboter zur Zeit noch weit davon entfernt, ein echtes Spiel austragen zu können. Die Gründe dafür sind bereits angedeutet worden:

Es gab diverse Fehler und Probleme, die ohne Erfahrung einfach nicht ad hoc zu ergründen waren. Allein das Experimentieren, woran es nun liegen könnte, beanspruchte mehr als ein Drittel der gesamten Zeit.

Vielleicht wäre auch eine diszipliniertere Aufteilung der Aufgaben unter den Teams notwendig gewesen. Allerdings waren viele Strategien und Ansätze auch grundverschieden, zudem hätte niemand erwartet, wie viel Zeit manch trivial erscheinende Aspekte beanspruchen können.

Fazit und Ausblick

Auch wenn in der internen Vorausscheidung unser – inzwischen „Böse Giraffe“ getaufter - Roboter nur mit einer einfachen „Spezialtaktik“ antreten kann, so wird er nach dem Klausurblock mit frischen Kräften weiter ausgebaut und auf das nationale Ereignis

vorbereitet werden. Mit ein wenig mehr Erfahrung und einem Turniertermin fernab der Klausuren wäre das vielleicht schon früher möglich gewesen.

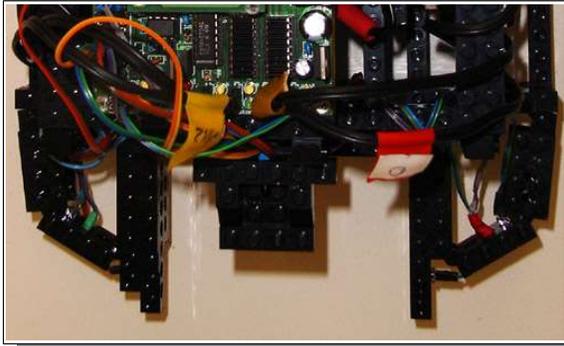
Nichtsdesto trotz ist das Projekt die definitiv beste Wahl gewesen. Nicht nur aus Sicht des Lehrfaktors, auch entwickelte sich bei unserem Team ein echter Ehrgeiz und viel Spaß.

Fortsetzung

Mit einigen Extraschichten ist es letztendlich doch noch gelungen, einen turnierfähigen Roboter zu bauen. In erster Linie stand dabei natürlich im Vordergrund, die Basisfunktionen, wie das sichere Finden und Führen des Balles, sowie das Einhalten der Regeln zu realisieren.

Ballführung

Die Ballführung war eines der elementarsten verbleibenden Probleme. Da die Zeit keine aufwändigen Lösungen erlaubte und vor allem der Roboter trotz zusätzlicher Einsparungen nur knapp unter dem erlaubten Größenlimit blieb wurde ein einfacher Käfig gewählt. Es war notwendig, zumindest etwas mehr als die Hälfte des Balles durch den Käfig abdecken zu können, damit er nicht bei langen Drehungen sofort verloren geht.



Zudem wurden das Steuerungsprogramm in sofern angepasst, dass nach Möglichkeit keine abrupten Drehungen geschehen. Das bedeutet, führt der Roboter beispielsweise den Ball und muß einem Hindernis ausweichen, so wird über die Abstandssensoren zunächst geprüft, ob sich das Hindernis nah oder fern befindet und dementsprechend eine sanfte oder scharfe Kurve gefahren.

Trotz dieser Maßnahmen blieb eine Schwierigkeit bestehen: Der Ball prallte abhängig von der Annäherungsgeschwindigkeit zu hart von der Rückwand des Käfiges ab und ging so häufig verloren, weil der Roboter mit seiner sofortigen Drehbewegung zum Tor den Ball wegstieß. Die Lösung fand sich recht einfach in der fachgerechten Montage eines gepolsterten Klebestreifens an der Rückwand, um den Aufprall zu dämpfen.

Ballerkennung: Käfig

Um zu wissen, ob sich der Ball tatsächlich im Käfig befindet wurden zunächst drei Bumper-Schalter benutzt. Auch wenn dies erstaunlich gut funktionierte, so war der Druckpunkt der Schalter eher ungewiß und vor allem verursachten sie ein Rückschwingen des Balles. Aus diesem Grund wurden sie durch eine Infrarotschranke an der Spitze des Käfiges ersetzt. Die zusätzliche Sensorik erforderte ein häufiges Nachjustieren der Schwellwerte, stellte sich dann jedoch als recht zuverlässig heraus.

Da der Ball aber nicht gleichverteilt seine Signale abstrahlt und der Kontakt schnell für kurze Augenblicke verloren gehen kann mußte eine Trägheit von fast einer Sekunde

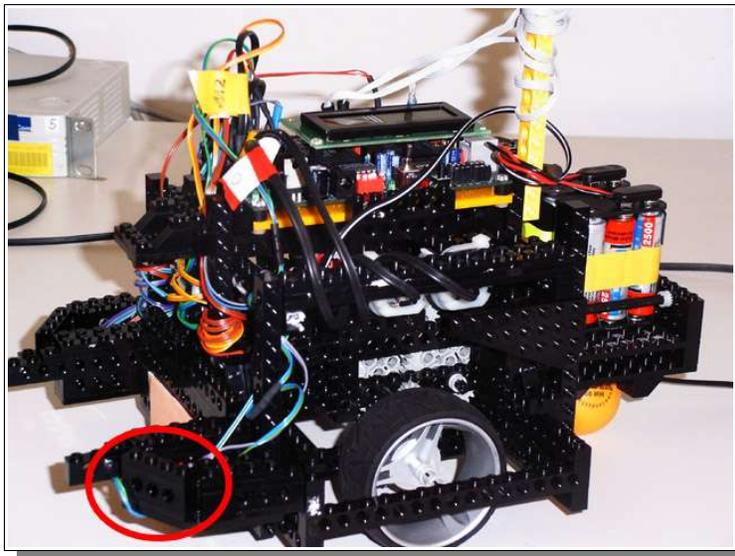
programmiert werden, so dass der Roboter auch bei kleinen Kontaktverlusten noch in der Ballführungsroutine bleiben konnte.

Ballerkennung: Umfeld

Die beiden Ballerkennungssensoren, welche eher provisorisch zum internen Turnier an der Front des Roboters angebracht wurden, ließen sich diesmal vollends an der Außenseite des Käfigs befestigen. Die dadurch gewonnene Stabilität machte sich zu Unmengen bei Zusammenstößen bezahlt.

Ein Problem bei der Ballerkennung blieb bis kurz vor dem Turnier bestehen. Der Roboter neigte dazu, den Ball zu erkennen, dann aber von Seite zu Seite zu pendeln und nur sehr langsam und fehlerträchtig den Ball anzusteuern. Nach zahlreichen Vermutungen und Versuchen an der Sensorik und der State Machine des Programmes erwies sich das Problem als einfacher Logikfehler:

Die Priorität der Abfrage aller Ballsensoren war schlicht falsch geordnet, es wurden erst die seitlichen und als exklusive Alternative die vorderen Sensoren getestet. Als die Frontsensoren in der Abfrage vorgezogen wurden, funktionierte die Ballsteuerung einwandfrei und sehr exakt.



Rot markiert ist eine der beiden seitlichen Ballsensoren. Gut zu erkennen ist, wie stabil sie in die Konstruktion integriert worden sind. Zusätzlich zu sehen ist das verkleinerte Heck, ohne das die Vergrößerung um den Ballkäfig regelwidrig gewesen wäre.

Torschießen

Da dem Roboter keine Schußvorrichtung mehr hinzugefügt werden konnte wurde die Taktik einfach auf das Schieben des Balles in das Tor gelegt. Es mußte nur eine einfache Regel definiert werden, wann das Tor erreicht ist und der Roboter nicht einem Hindernis ausweicht, um den Ball auch sicher an die Wand des Tores zu steuern.

Da das Torfindungssystem aus zwei Phasen besteht konnte hier eine wichtige Unterscheidung getroffen werden: Sobald die Findung auf die IR-Sensoren umschaltet, das Tor also in unmittelbarer Nähe sein muß, werden Hindernisse ignoriert.

Was dennoch nicht perfekt war ..

Die einfache Taktik beim Erreichen eines Tores, also der Verzicht auf eine Schießvorrichtung und der einfache Torerkennungs-Regel hätten zwar ausgefeilter sein können, erwiesen sich jedoch als ausgesprochen praxistauglich.

Viel schwerer wog das Problem, dass der Roboter nicht in der Lage war, ein Ball direkt von der Wand zu bewegen oder ihn gar aus einer Ecke heraus zu dirigieren. Es blieb keine Zeit mehr für eine geeignete Taktik, um zu erkennen, dass nicht das Ausweichen Priorität hat.