Konstruktion von Lernfähigen Mobilen Robotern im Studentenwettbewerb "Robotik 2000" an der Technischen Universität Graz

Wolfgang Maass, Institut für Grundlagen der Informationsverarbeitung
Axel Pinz, Institut für Eletktrische Messtechnik und Messignalverarbeitung
Reinhard Braunstingl, Institut für Allgemeine Mechanik
Gerhard Wiesspeiner, Institut für Elektro- und Biomedizinische Technik
Thomas Natschläger, Oliver Friedl, und Harald M. Burgsteiner, Institut für Grundlagen der Informationsverarbeitung

Zusammenfassung

Dies ist ein kurzer Bericht über den Track 2 des Wettbewerbs *Robotik 2000*, der im Rahmen der Landesausstellung "comm.gr2000az" vom Land Steiermark gesponsert wurde.[1]

Das Ziel dieses Track 2 des Wettbewerbs war, den möglichen Nutzen von Lernfähigkeit bei mobilen Robotern zu untersuchen, und die Effekte dieser Lernfähigkeit bei einer konkreten Anwendung, die auch für einen Laien verständlich sein sollte, während der Dauer der Landesausstellung zu demonstrieren. Zum anderen wollten wir bei dieser Gelegenheit erproben, inwieweit wir an unserer Universität in informaler Weise eine interdisziplinäre Zusammenarbeit über Instituts- und Fakultätsgrenzen hinweg – wie sie für die moderne Robotik erforderlich ist – realisieren konnten.

Die konkrete Wettbewerbsaufgabe hatten wir folgendermaßen gestellt[2]. Die Roboter befinden sich auf einem 2 x 5 m großen Spielfeld (siehe Abb. 1), in dessen linkem Fünftel sich die "Abschlagzone" für den Roboter befindet. Irgendwo im übrigen Teil des Spielfeldes wird ein Hügel

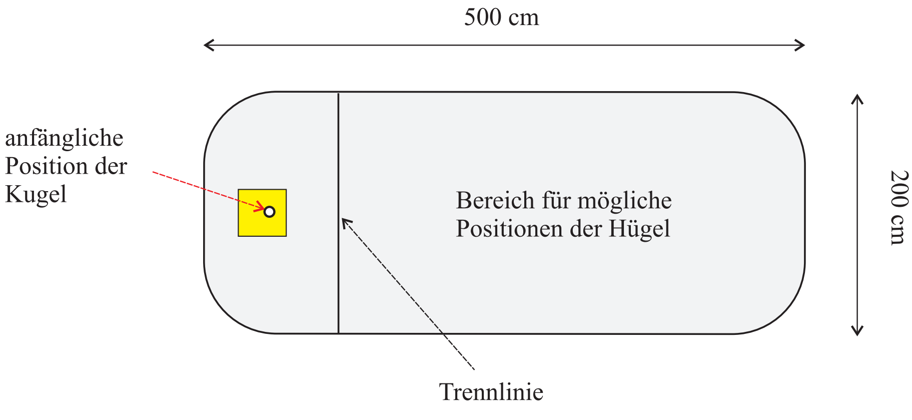

Abbildung 1: Spielfeld der Roboter

plaziert, auf dem sich oben eine kleine Mulde befindet. Die Aufgabe des Roboters ist nun, eine rote Billardkugel vom linken Fünftel der Spielfläche in einer geeigneten Richtung α und mit einer geeigneten Geschwindigkeit v so "abzuschießen", daß sie in einer kleinen Mulde oben auf

[1] Wir danken insbesondere Hofrat Prof. Richard Kriesche für seine tatkräftige Unterstützung bei der Initiierung und Finanzierung dieses Wettbewerbs. Ein anderer Track dieses Wettbewerbs wurde von Prof. Kecskemethy betreut, siehe `http://www.mechanik.tu-graz.ac.at/robotik`. Dieser Track hatte die Anwendung von schneller Bildverarbeitung bei industriellen Robotarmen zum Ziel.

[2] siehe `http://www.tu-graz.ac.at/igi/maass/robotik/track2.html` und `http://www.tu-graz.ac.at/igi/maass/robotik/spielregeln.html` für die offizielle Formulierung.

dem Hügel zu liegen kommt. Wenn es sich hier jedesmal um denselben Hügel handeln würde, der sich jedesmal an derselben Stelle befände, so könnte man die richtigen Werte von α und v als fixe Werte im Programm des Roboters vorgeben. Das ist hier aber nicht möglich, weil sich der Roboter ständig auf eine neue Variante dieser Geschicklichkeitsaufgabe einstellen muß. Wir benutzen mehrere verschieden geformte Hügel, die jeweils an einer anderen Stelle im ca. 2 x 4 m großen Areal rechts von der Trennlinie zur Abschlagszone positioniert werden. Wir haben diese Hügel bewußt in unregelmäßiger Weise mit der Hand geformt, sodaß bei einer leichten Drehung des Hügels eine anders strukturierte Hügelflanke dem linken Teil der Spielfläche zugewendet ist, von wo der Roboter den Ball "abschießen" muß.[3] Zusätzlich kann man auch von Zuschauern veränderte Hügel verwenden, denen die Roboter niemals vorher begegnet sind. Da die Roboter also jedesmal eine neue Geschicklichkeitsaufgabe lösen müssen, zu der in ihrem Programm keine richtigen Werte von α und v für den Abschuß der Kugel vorgesehen werden konnten, müssen sie durch gezieltes Probieren *lernen*, diese Aufgabe zu lösen. Dazu müssen sie aus der Aufarbeitung vorheriger "Sinneseindrücke", also vor allem ihrer Videoaufnahmen von den vorhergehenden Fehlversuchen, die richtigen Schlüsse ziehen. Das ist nicht einfach, weil zum einen der Zufall eine große Rolle dabei spielt, wie die Kugel über die Platte und den unregelmäßig geformten Hügel rollt, und zum anderen die räumliche und zeitliche Auflösung der in Track 2 des Wettbewerbs verwendeten preiswerten Videokameras nicht sehr hoch ist. Nach jedem Fehlversuch muß der Roboter die Kugel vollkommen selbständig suchen und zurückholen, also zusätzlich komplexe algorithmische Probleme der visuellen Suche und Verfolgung (tracking) und der Bewegungsplanung (obstacle avoidance, etc.) autonom lösen. Da die Wettbewerbssieger während der 6-monatigen Dauer der Landesausstellung ständig vorgeführt werden sollten, hatten wir zusätzlich gefordert, daß die selbstgebauten Roboter einem "Ausdauertest" standhalten müssen.

Wir hatten die Wettbewerbsausschreibung so angelegt, daß die konstruierten Roboter vollkommen autonom agieren müssen. Ihre "Intelligenz" erhalten sie durch Mini-Computer, die sie ständig mit sich herumtragen, und aus ihren mitgeführten Akkus mit Strom versorgen. Sie können von außen, also insbesondere vom Menschen, nur über zwei einfache Kippschalter beeinflußt werden.[4] Um den Zuschauern in der Landesausstellung einen Einblick in das Innenleben der Roboter zu ermöglichen, hatten wir in der Wettbewerbsausschreibung festgelegt, daß das von der Mini-Videokamera auf dem Roboter aufgenommene Bild drahtlos vom Roboter zu einer Empfangsstation übertragen und dem Zuschauer in Echtzeit auf einer Projektionsfläche gezeigt wird. Gleichzeitig sollte der Roboter auch die gegenwärtigen Meßwerte seiner anderen Sensoren senden, deren Werte auf einer anderen Projektionsfläche gezeigt werden. Daher kann sich der Zuschauer jederzeit ein vollständiges Bild von den gegenwärtigen "Sinneseindrücken" des Roboters machen und sich somit in die Informationsverarbeitungsaufgabe des Roboters hineinversetzen ("wie würde ich auf diese Sinneseindrücke reagieren, wenn ich der Roboter wäre?"). Damit der Zuschauer erfährt, welche Schlüsse der Roboter selbst aus seinen Wahrnehmungen zieht, insbesondere wie er daraus lernt, hatten wir gefordert, daß die Roboter zusätzlich verbale Kommentare senden, die ebenfalls auf einer Projektionsfläche gezeigt werden.

Um den Erfindungsgeist der teilnehmenden Studierenden möglichst wenig einzuengen, hatten wir keinerlei Vorschriften hinsichtlich der Arbeitsweise der Roboter (Fortbewegungsart, Abschußmethode, Software, etc.) oder ihrer Komponenten gemacht. Es wurden lediglich die Materialkosten für jeden Roboter auf ATS 55.000,- begrenzt. Um die Aufgabe nicht zu schwer zu machen, hatten

[3]Die genaue Regel beim Wettbewerb besagt, daß der Ball anfangs in dem gelb markierten Quadrat im linken Areal positioniert ist. Der Roboter darf die Kugel von einem beliebigen Punkt im linken Areal (d.h. links von der schwarzen Trennlinie) abschießen.

[4]Die Roboter haben alle einen Ein-/Ausschalter, sowie einen weiteren Schalter, dessen Betätigung dem Roboter signalisiert, daß er nun mit seiner Arbeit beginnen soll.

wir versucht, den Studierenden durch individuelle Beratung, links (siehe `http://www.tu-graz.ac.at/igi/maass/robotik/links-pc104.html`) und zwei vorbereitende Seminare[5] über maschinelles Lernen in der Robotik (`http://www.tu-graz.ac.at/igi/STIB/WS98/`) sowie Bildverarbeitung in Kombination mit Lernverfahren (`http://www.tu-graz.ac.at/igi/lehre/semD_ss99/`) eine selbständige Orientierung zu ermöglichen. Die Studierenden hatten 5 Wochen Zeit um ein Konzept für die Konstruktion eines Roboters zur Lösung der Wettbewerbsaufgabe zu entwickeln und einzureichen. Diese Konzepte wurden von uns durchgesehen und kommentiert, und teilweise zur Verbesserung zurückgegeben. Insgesamt erhielten 4 studentische Teams "grünes Licht", das heißt, sie konnten mit dem Bestellen von Komponenten beginnen. Die Basisgruppe Telematik stellte freundlicherweise einen Raum in der Klosterwiesgasse 32 zur Verfügung, der den Wettbewerbsteilnehmern Tag und Nacht[6] zur Verfügung stand, und das ZID steuerte einige PC's zur Grundausstattung für diesen "Robotikraum" bei. Wir als Betreuer trafen uns in regelmäßigen Abständen mit den Wettbewerbsteilnehmern um technische Details sowie Feinheiten der Wettbewerbsregeln zu besprechen, und um auf möglicherweise hilfreiche Produkte und Ressourcen in der wissenschaftlichen Literatur und im Internet hinzuweisen. Die 4 studentischen Teams, die an diesem Wettbewerb teilnahmen, stellen sich und ihren Roboter im Anhang dieses Berichts vor. Erfreulich ist die Vielfalt und Originalität der Konzepte. Zum Beispiel wurden 4 ganz verschiedene Methoden zur (notwendigerweise sehr präzise steuerbaren) Beschleunigung der Kugel verwendet:

- ein Aufzug auf eine schiefe Ebene (Team 1)
- eine translatorische Abschußvorrichtung unterhalb eines 6-beinigen Schreit-Roboters (Team 2)
- eine Abschußvorrichtung mit einem Hammer (Team 3)
- eine Beschleunigung der Kugel im "Leerlauf" mittels rotierender Walzen (Team 4).

Die Konstruktion mobiler Roboter erfordert die Integration von Methoden aus vielfältigen Bereichen der Wissenschaft und Technik. Es ist beachtlich, daß es den studentischen Teilnehmern am Wettbewerb Robotik 2000 gelungen ist, diese Vielzahl von Methoden und wissenschaftlichen Erkenntnissen in ihren Köpfen zu vereinigen.[7] Eine Reihe von Studierenden haben die bei ihrer Wettbewerbsarbeit gesammelten Erfahrungen im Rahmen von Seminar/Projekten und Diplomarbeiten auch für ihr Studium nutzen können.

Als besondere Hürde für die 4 Teams erwies sich die Komplexität der konstruierten Systeme, und die damit einhergehende Anfälligkeit des Gesamtsystems für den Ausfall einzelner Hardware-Komponenten – vor allem angesichts der Notwendigkeit, preiswerte Ausführungen zu verwenden. Die Programme für Bildverarbeitung, Bewegungssteuerung und Lernverfahren wurden für jeden Roboter vollkommen selbständig, also auch ohne Verwendung von "Fertigteilen", entwickelt und geschrieben. Dies ergab sich neben dem Zwang zur Sparsamkeit auch aus der Notwendigkeit, den Stromverbrauch gering zu halten und die Algorithmen für die jeweils verwendete Hardware zu optimieren. Dies erforderte zwischen 10 000 und 30 000 Programmzeilen für jedes der Systeme.

Als Sieger von Track 2 des Wettbewerbs wurde am 9.2.2000 das Team 3 (Gerald Steinbauer und Roland Koholka) gekrönt.[8] Der von diesem Team entwickelte Roboter Oskar[9] wird seit Beginn

[5] Es ist anzumerken, daß diese Seminare aufgrund der intensiven Mitarbeit der Studierenden besonders gelungene Lehrveranstaltungen wurden.

[6] In den letzten Wochen des Wettbewerbs wurde dort in der Tat rund um die Uhr gearbeitet.

[7] Viele Teilnehmer sind Studierende des Studienganges Telematik an der Technischen Universität Graz, der diese Vielseitigkeit in erfreulicher Weise fördert. Der Cluster Maschinelle Intelligenz (`http://www.tu-graz.ac.at/igi/cluster`) ist einer von vielen möglichen Schwerpunkten in diesem Studium.

[8] Eine Dokumentation zur Preisverleihung ist im Internet erhältlich (`http://www.tu-graz.ac.at/igi/maass/robotik/imDom.html`).

[9] siehe `http://www.sbox.tu-graz.ac.at/home/s/steini/` für eine ausführliche Beschreibung

der Landesausstellung comm.gr2000az am 4.5.2000 im Schloß Eggenberg non-stop vorgeführt. Dieser Roboter ist so robust und genial "einfach" konstruiert, daß er von Anfang Mai bis zum gegenwärtigen Zeitpunkt (August 2000) ohne Ausfälle seinen "Dienst" versieht, und tagtäglich seine Adaptivität für neue "Hügelprobleme" demonstriert. Zusätzlich ist dieser Roboter gleichzeitig der preiswerteste: mit Materialkosten von ATS 38.000,- liegt er weit unter der Grenze von ATS 55.000,-. Inzwischen liegt schon eine Anfrage des Technischen Museums in Wien vor, das diesen Roboter gerne im Rahmen einer Sonderausstellung vorführen möchte.

Wir wollten mit dieser Wettbewerbsaufgabe demonstrieren, daß durch die Kombination von – bisher Lebewesen vorbehaltener – Lernfähigkeit mit maschineller Motorik eine konkrete Aufgabe gelöst werden kann, die weder ein Mensch noch eine "herkömmliche" – also nicht lernfähige – Maschine bewältigen kann. Die geschilderte Geschicklichkeitsaufgabe ist so schwierig, daß auch ein geübter Mensch in der Regel einige Dutzend Versuche benötigt, um die Kugel so zu rollen, daß sie in der Mulde auf dem Hügel liegen bleibt. Er kann zwar bei jedem Fehlversuch erkennen, was dabei schief gelaufen ist, und daraus etwas für seinen nächsten Versuch lernen. Es fehlt ihm aber die motorische Präzision eines Roboters um diese Erkenntnis in seinem nächsten Versuch zuverlässig umzusetzen. Daher ist der Mensch bei dieser Aufgabe mehr oder weniger auf Zufallstreffer angewiesen. Diese Aufgabe ist aber auch für einen herkömmlichen Roboter zu schwer: ein Roboter hat zwar eine präzise Motorik, aber die Aufgabe ist zu schwierig, als daß der Computer im Roboter für jeden Hügel die genaue Geschwindigkeit und den genauen Winkel für einen erfolgreichen Abschuß zuverlässig vorherberechnen könnte. Wenn nun aber der Roboter mit der Fähigkeit zum Lernen ausgestattet wird, so kann er wie der Mensch aus einem Fehlversuch lernen, was er beim nächsten Versuch anders machen sollte. Aber im Gegensatz zum Menschen kann der lernfähige Roboter diese erlernte Erkenntnis mit seiner präzisen Motorik auch wirklich umsetzen. Tatsächlich ist den Studierenden von Team 3 gelungen, einen Roboter zu konstruieren, der die Aufgabe in der Regel nach 3 bis 10 Versuchen löst. Dies ist auch vom wissenschaftlichen Gesichtspunkt aus bemerkenswert, weil die üblichen in der Robotik angewandten Methoden des maschinellen Lernens entweder nur relativ einfache Aufgaben bewältigen, die im Prinzip auch ohne maschinelles Lernen lösbar wären, oder aber eine sehr viel längere Lernperiode von vielen Stunden, Tagen oder gar Wochen erfordern.[10] Neben der Lösung dieser komplexen Lernaufgabe, die wir eigentlich als Hauptaufgabe für den Wettbewerb vorgesehen hatten, erwies sich die Aufgabe, jede abgeschossene Kugel völlig autonom wieder einzufangen als ein Hauptproblem. Die meisten Teams widmeten sich der Lösung dieser Aufgabe, sowie der Integration mit den anderen Softwaremodulen (Lernen, Repositionierung am Abschlagpunkt, Auswertung der Trajektorie des Abschlags) zu spät. Nicht zuletzt hat das elegante und effiziente "Einfangen" der Kugel mittels "Lasso" durch den Roboter Oskar wesentlich zum Sieg von Team 3 beigetragen. Eine ausführliche Dokumentation zu diesem Wettbewerb ist online erhältlich unter `http://www.tu-graz.ac.at/igi/maass/robotik/`.

Wir würden uns sehr freuen, wenn die im Rahmen dieses Wettbewerbs an der Technischen Universität Graz begonnenen interdisziplinären Aktivitäten eine Fortsetzung fänden. Wir haben den Eindruck, daß sie allen Beteiligten wertvolle Erfahrungen und Impulse vermittelt haben. Für eine kurze Zeit konnten wir an unserer Universität so arbeiten als gäbe es dort bereits ein "Zentrum für Robotik". Inzwischen hat uns die Realität aber wieder eingeholt. Trotz einem ausdrücklichen Wunsch des amtierenden Rektors, Prof. Dr. Kahlert, ist es zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch nicht gelungen, einen den Studierenden für weitere Experimente und Projekte zur Verfügung stehenden Robotikraum zu schaffen. Nichtsdestotrotz arbeiten wir weiter daran, den Studierenden zumindest ein virtuelles Zentrum für Robotik an unserer Universität zur Verfügung zu stellen. Es wurde eine *Homepage für Robotik an der TU Graz* geschaffen

[10] Siehe die auf `http://www.tu-graz.ac.at/igi/STIB/WS98/` und `http://www.tu-graz.ac.at/igi/lehre/semD_ss99/` diskutierten Methoden.

(`http://www.tu-graz.ac.at/igi/robotik/`), auf der sich Studierende und Fachleute Instituts- und Fakultätsübergreifend über das Lehrangebot und Forschungsaktivitäten in Robotik an unserer Universität informieren können.

Die für diesen Wettbewerb entwickelten Roboter wurden zusätzlich zu dem von der Landesregierung gesponserten Preis mit dem Robotik Award 2000 der Firma Knapp Logistik Automation GmbH ausgezeichnet. Wir würden uns sehr freuen, wenn die im Rahmen dieses Wettbewerbs entstandene Vorhut einer neuen Generation von lernfähigen Maschinen eine Reihe von Firmen und Forschungsinstitute in der Steiermark motivieren würde, diese Zukunftschancen verstärkt in ihre Entwicklungsarbeit miteinzubeziehen.

Anhang: Vorstellung der Teilnehmer bei Track 2 des Wettbewerbs Robotik 2000 und ihre Projekte

Robotik Team 1

Mitglieder unseres Teams:

Erhard Hackl Studienrichtung Elektrotechnik-Biomedizin, wohnhaft in St.Georgen (Oberösterreich)
Thomas Oberhuber Studienrichtung Telematik, wohnhaft in Tristach (Osttirol)
Manfred Rittler Studienrichtung Telematik, wohnhaft in Trins (Tirol) Andreas Grießer Studienrichtung Telematik, wohnhaft in Dornbirn (Vorarlberg)

Fahreinheit:

Zur Fortbewegung unseres Roboters 'Homer J.' dient ein einzelnes hinten angebrachtes, lenkbares Antriebsrad. Ein 12 V-Gleichstrommotor mit 2-stufigem Planetengetriebe und einer Nennleistung von 20 W sorgt für eine Maximalgeschwindigkeit von ca. 1,5 m/s. Gelenkt wird mit Hilfe eines Hochleistungs-Servos, der einen maximalen Lenkwinkel von ca. 180 Grad erreicht.

Kugel-Abschußmechanismus:

Um möglichst wenig Energie beim Beschleunigen der Kugel zu verlieren verwenden wir eine Art Rampe, auf der die Kugel auf eine bestimmte Höhe gebracht und dann losgelassen wird. Die genaue Positionierung entlang der Rampe erledigt ein Schrittmotor, der eine Spindel antreibt und einen auf einer Laufmutter befindlichen Schlitten bewegt. Um die Kugel einzufangen ist auf dem Rampenschlitten ein Greifer montiert, der sich nicht nur öffnen und schließen sondern auch nach oben unten bewegen lässt. Lichtschranken auf dem Greifer sorgen für ein automatisches Einfangen der Kugel. Die Rampe selbst lässt sich per Servo vorne um ca. 1 cm nach links und rechts drehen bzw. beim Fahren anheben und beim Abschuß auf den Boden absenken.

Elektronik:

Die Elektronik besteht hauptsächlich aus 2 Teilen:
einem Hauptrechner (Cyrix 233MHz MMX-CPU), sowie einem Microcontroller-Board, das die komplette Sensorik sowie die Ansteuerung der Hardware übernimmt.

Auf dieser Controllerplatine befinden sich 2 unabhängige Netzteile, die Ansteuerung für 2 Schrittmoren, 5 Servos, 1 DC-Motor und 4 Ultraschall-Sensoren. Auch die Auswertung der Sensorsignale, Ultraschall, 8 Lichtschranken, 3 Helligkeitssensoren und Batteriespannungsmessung, ist hier untergebracht.

Folgende Sensorsignale werden ausgewertet:

Sensor	Montage	Zweck
3 Stk. Ultraschall	vorne links und rechts, hinten	Abstandhalter, Endschalter
Gabellichtschranken	Antriebsmotor hinten	Zählen der gefahrenen Schritte
	Rampe unten	Endschalter, Nullstellung vorne
	Kameragehüse links, rechts und mittig	Endschalter, Nullstellung mittig
Infrarot-Lichtschranken	Rampe oben	Endschalter
	Greifer vorne	Kugel automatisch fangen
	Greifer mittig	Kontrolle ob Kugel im Greifer befindlich
Helligkeitssensoren	vorne links und rechts, hinten	Positionierung auf der Startlinie
CCD-Farbkamera	vorne mittig, schwenkbar	Bilderkennung

Um die Bilder der CCD-Farbkamera zu digitalisieren benutzen wir einen PC104-Framegrabber, der direkt über dem Hauptrechner montiert ist.

Software:

Als Betriebssystem kommt SuSE-Linux 6.1 (Kernel 2.2.5) auf einer als read-only gemounteten 48MB Flashdisk zum Einsatz. Die Software des Hauptrechners ist größtenteils in C/C++ geschrieben, teilweise aber auch in Assembler. Das endgültige Programm ist in 6 'parallele' Prozesse aufgeteilt, die miteinander kommunizieren und Daten austauschen können.

Weitere Infos unter `http://www.myfreeoffice.com/roboter`.

Roboter AntOnOff und Team 2

Um die Aufgabenstellung beim Robotikwettbewerb zu erfüllen, haben wir uns für einen sechsbeinigen Roboter entschieden, da dieses Konzept zusätzlich eine besondere Herausforderung in bezug auf die Mechanik und deren Steuerung darstellte. Für die Realisierung haben wir uns an den in der Natur vorkommenden sechsbeinigen Lebewesen orientiert, die ja zum Teil recht passabel funktionieren (wegen der nun doch sehr langen Zeit der Evolution). Als angenehmes Beispiel betrachteten wir den Bewegungsapparat von Ameisen, im speziellen der Formica rufa (gemeinen Waldameisen) aus der Familie der Formicidae. Wir haben also diese Gattung mit einer Kamera aufgezeichnet und AntOnOff?s Gehalgorithmus dementsprechend diesen lieben Tieren angepaßt (Anm. für unsere Naturfreunde: die Versuchstiere wurden, wie unserer Roboter später auch, wieder in der Natur ausgesetzt).

Als Sinnesorgane dienen unserem Roboter AntOnOff eine digitale Farbkamera, ein Hand voll Infrarot-Abstandssensoren und ein Kompaß, um die Orientierung nicht zu verlieren. Das Gehirn besteht bei AntOnOff aus einem Pentium Rechner und einem Microcontroller, die sich die Lösung der gestellten Aufgabe wie folgt aufteilen: Der schnellere PC übernimmt die rechenaufwendige Bildverarbeitung und den adaptiven Lernalgorithmus, wobei der kleinere Bruder den gesamten Gehapparat sowie die Sensoren und Aktoren kontrolliert. Als Aktoren wurden eine Abschußvorrichtung, die den Ball auf den Hügel befördern soll, und eine Fangvorrichtung zum Holen des Balles benötigt. Die Fangvorrichtung wurde wiederum den Kauwerkzeugen der Ameisen nachempfunden. Um einen autonomen Betrieb für eine Zeit von ca. 45 Minuten zu gewährleisten, wurden 2 Akkus mit fortschrittlicher NiMh-Technologie verwendet.

Schlußendlich stellte sich die Aufgabenstellung als wesentlich komplexer dar, als wir es zu Beginn des Bewerbs angenommen hatten, denn bei AntOnOff mußten wir sehr auf das Gewicht achten (Diät?), denn Übergewicht fordert mehr Stromverbrauch und somit einen schwereren Akku und damit schließt sich der Kreis wieder. Dieses Problem konnten wir nur durch Einsatz von ultraleichten Materialien und hochtechnologischen Komponenten (low-power-components) in den Griff bekommen.

Teammitglieder:

AntOnOff (Ameise, bei der man nie weiß, ob sie ein- oder ausgeschaltet ist)
Franz Stephan Helmli (techn. Mathematik)
Josef Zipper (Elektrotechnik)

Der Wettbewerbssieger:
Robotik Team 3

Beim Design des Roboters Oskar durch Gerald Steinbauer (Telematik) und DI Roland Koholka (Telematik) wurde darauf Wert gelegt, daß es möglichst wenig bewegliche Teile gibt und die Funktionalität einfach vom Zuschauer zu durchschauen ist.

Angetrieben wird Oskar durch zwei Schrittmotoren, auf die Räder aufgesteckt sind . Sie erlauben zwar nur eine Geschwindigkeit von ca. 10m/min, dafür kann sich Oskar sehr exakt bewegen. Durch Drehen der Motoren mit verschiedenen Geschwindigkeiten und Richtungen kann Oskar sich am Stand drehen oder Kurven fahren. Die Abschußposition kann mit einer Genauigkeit von 1 mm und einem Winkelfehler 0.2° immer wieder eingenommen werden, was für ein schnelles Lösen der Aufgabe essentiell ist.

Die Abschußvorrichtung besteht aus einem Hammer und einem Schrittmotor. Die in der Bodenplatte ausgenommene Führung ist so konstruiert, daß der Ball immer an einer definierten Position liegt. Beim Abschuß des Balles wird der Hammer gehoben, und durch Abschalten des Stroms losgelassen. Der Hammer übernimmt also die Funktion eines Golfschlägers.

Beim Einsammeln des Balles benutzt Oskar sein flexibles Lasso, um den Ball in seiner Nähe zu fixieren. Anschließend befördert er den Ball mit einem "Hüftschwung" in sein Inneres, wo er mit einer Klappe an die Abschußposition befördert wird.

Durch zwei Kameras nimmt Oskar seine Umwelt wahr. Eine Kamera ist nach vorne gerichtet, die dient zum Aufnehmen der Bahnkurve beim Schießen, zum Erfassen des Hügels, sowie zur Suche des Balles beim Einsammeln. Ihr Bild wird auf der rechten Projektionsfläche gezeigt. Die zweite Kamera ist von oben direkt auf den Bereich vor dem Roboter gerichtet. Sie dient zum Erkennen von Hindernissen und zur genauen Positionierung im Startfeld.

Beim ersten Schuß versucht Oskar mittels einem eingebauten künstlichen neuronalen Netzwerk aus seiner Erfahrung aus früheren Treffern eine möglichst gute Vorhersage für den Winkel und die Geschwindigkeit zu finden. Aus der Bewegung des Balles am Hügel leitet Oskar erfolgversprechende Werte für den nächsten Versuch ab. Diese Adaption seines Verhaltens setzt Oskar solange fort bis der Ball in der Mulde liegen bleibt.

Robotik Team 4
Sisyphus 2000

Als Basis unseres Roboters Sisyphus 2000 dienen handelsübliche Modellbausätze für Elektroautos. Das Vehikel verfügt über zwei Achsen, die über je einen Gleichstrommotor angetrieben werden. Alle vier Räder können einzeln gelenkt werden. Die low-level Steuerung übernehmen ein Servocontroller und zwei weitere Mikrocontroller, die über serielle Schnittstellen mit dem Zentralrechner verbunden sind. Der Hauptrechner ist ein Single-Board Industrie-PC der Pentium-Klasse mit geringer Leistungsaufnahme. Die Energieversorgung geschieht aus NC-Akkupacks (900g Gewicht und 60Wh) und einem effizienten Schaltregler. Die verbrauchte Energie und wichtige Systemspannungen werden kontinuierlich erfaßt. Die Ansteuerung der Motoren erfolgt über einen elektronischen Fahrtenregler, der beim Bremsen die kinetische Energie des Roboters in die Akkus zurückführt, unsere geschätzte Einsatzdauer beträgt in etwa vier Stunden.

An Sensoren sind Infrarot-Abstandssensoren, ein elektronischer Kompaß, ein Beschleunigungssensor sowie diverse Lichtschranken und eine Farbkamera vorhanden. Um die Kugel abzuschießen, wird sie in Eigenrotation versetzt, indem sie mit einem Servo gegen eine rotierende Walze gedrückt wird; nach Öffnen des Bügels beschleunigt die Kugel aus der Abschußvorrichtung. Die Rotationsgeschwindigkeit der Walze wird über einen Präzisionsmotor mit Impulsgeber exakt eingestellt.

Unser Team besteht aus Thomas Jaksch und Arnulf Heller, wir sind Telematik-Studenten kurz vor Studienabschluß.