

## NimbRo – Lernende Humanoide Roboter

Das Projekt NimbRo – Lernende Humanoide Roboter – wird durch den Aktionsplan Informatik der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) finanziert.

Schwerpunkt des Projektes ist die Entwicklung humanoider Roboter. Dabei werden von unserem Team sowohl die Roboterkörper gebaut als auch die Wahrnehmungsalgorithmen und die Software zur Verhaltenssteuerung entwickelt. Weiterhin beschäftigen wir uns damit, die Systemkomponenten durch Lernverfahren zu verbessern.

Die Roboter werden in zwei verschiedenen Umgebungen getestet. Zum einen nehmen wir an den RoboCup-Fußballwettbewerben teil. Probleme mit denen wir uns dabei beschäftigen sind unter anderem das dynamische Laufen, die Bildverarbeitung und Lokalisierung der Roboter auf dem Spielfeld. Zum anderen ist geplant, einen der Roboter als Museumsführer einzusetzen. Im Gegensatz zum Fußballspiel steht hier die intuitive multimodale Kommunikation mittels Sprache, Gestik, Mimik, etc. im Vordergrund.

## Humanoide Roboter

Humanoide Roboter besitzen eine menschenähnliche Körperform: zwei Beine, zwei Arme, Rumpf und Kopf. Sie verfügen auch über eine entsprechende sensorische Ausstattung, wie Kameras, Mikrofone und Neigungssensoren.

Die Motivation, Roboter mit humanoider Gestalt zu bauen, resultiert vor allem aus der Tatsache, dass unsere Umgebung von Menschen für die Benutzung durch Menschen gestaltet wurde. Menschenähnliche Roboter können deshalb leichter in ihr agieren als Roboter mit anderen Körperformen.

Besitzt ein Roboter ein Gesicht und Arme, ist zudem eine intuitive Kommunikation mit ihm möglich. Der Roboter kann Mimik, Gestik, Blickrichtung, etc. einsetzen, um multimodale Dialoge zu führen.

Weiterhin ist es leichter möglich, Roboter durch Vornachem zu programmieren (Imitationslernen), wenn diese eine menschenähnliche Körperform und ein entsprechendes Aktionsrepertoire besitzen.

Nicht zuletzt besteht die Hoffnung, dass der Bau und die Programmierung humanoider Roboter zum Verständnis menschlicher Intelligenz beitragen.

## Fußballwettbewerb RoboCup

RoboCup ist ein jährlich stattfindender internationaler Wettbewerb, bei dem Teams von autonomen Robotern Fußball gegeneinander spielen. Das Fußballspiel hat Schach als Leitproblem der Künstliche-Intelligenz-Forschung abgelöst. Neben dem Fußball gibt es beim RoboCup auch Wettbewerbe für Rettungsroboter und Haushaltsroboter.

Durch den Wettbewerb soll der Ideenaustausch zwischen Wissenschaftlern gefördert und ein klar definiertes, einfaches und objektives Maß für den Vergleich von verschiedenen Robotern und von Steuerungsansätzen geschaffen werden: die erzielten Tore.

Beim RoboCup müssen Probleme in einer Vielzahl von Gebieten gelöst werden. Sensorsysteme, Antriebe, Bildverarbeitung, Verhaltenskontrolle und Koordination mehrerer Roboter sind nur einige davon. Es werden regelmäßig Fortschritte auf den genannten Gebieten erzielt, die für den Bau zukünftiger Service-roboter von großem Nutzen sein können.

Seit 2002 gibt es beim RoboCup auch eine Liga, in der humanoide Roboter gegeneinander antreten. Es gibt zwei Größenklassen: KidSize (<60cm) und Teen-Size (>65cm). Die KidSize-Roboter spielen Fußball mit zwei Spielern pro Mannschaft. Für Roboter beider Größenklassen finden Wettbewerbe im Elfmeterschießen und technische Wettbewerbe, wie Dribbeln, Pass-Spiel und Laufen über unebenen Grund, statt. Die TeenSize-Roboter messen sich auch im Wettlauf.

Beim RoboCup 2006, der im Juni in Bremen stattfand, haben sich 21 Teams auf elf Ländern an den Wettbewerben der Humanoiden Liga beteiligt. Insgesamt nahmen am RoboCup in Bremen 440 Teams aus 36 Ländern mit 2.600 Forschern teil.



## Robotinho



Den Roboter Robotinho haben wir für die Teen-Size-Klasse entwickelt. Er ist 100cm hoch und wiegt nur 5,2kg. Der Roboter hat 23 Gelenke: 6 in jedem Bein, 4 pro Arm und 3 im Rumpf. Er kann die Gelenkstellungen mit Potentiometern messen. Weitere Sensoren messen die Motortemperaturen, die Akku-Spannung, sowie Beschleunigungen und Drehraten. Daraus

wird die Neigung des Roboters geschätzt. Ein Mikrokontroller liest die Sensoren ein und wickelt die Kommunikation zwischen dem Hauptrechner, einem Pocket PC und den 23 Gelenk-Aktuatoren ab. Diese regeln den Gelenkwinkel. In Robotinho's Verhaltenssoftware werden die Gelenke eines Körperteils (z.B. des linken Beins) koordiniert angesteuert. Man kann die Beinlänge, den Winkel des Beins und den Fußwinkel, relativ zum Rumpf, unabhängig voneinander ändern. Durch Benutzung dieser Schnittstellen haben wir omnidirektionales Laufen implementiert. Der Roboter kann gleichzeitig nach vorn/hinten und seitlich laufen und sich dabei um die eigene Achse drehen. Die Laufrichtung und -geschwindigkeit kann geändert werden, ohne dass der Roboter stehen bleiben muss. So ist es leicht möglich, den Roboter in Schussposition zu bringen. Ein kräftiger Kick befördert dann den Ball ins Tor.

Um den Ball und das Tor zu erkennen, verfügt Robotinho über eine weitwinklige Kamera. Die aufgenommenen Bilder werden durch den Pocket PC verarbeitet. Einzelne Bildpunkte werden Farben (orange, blau, gelb, grün, ...) zugeordnet und die relevanten Objekte werden dann detektiert. Der Roboter schätzt die Koordinaten der Objekte in einem egozentrischen Koordinatensystem. Anhand dieser Beobachtungen ermittelt er ständig seine Position auf dem Spielfeld.

Robotinho hat sich beim RoboCup 2006 gut bewährt. Er erreichte das Finale im Elfmeterschießen, verlor dieses aber gegen Team Osaka aus Japan.

## KidSize-Roboter Paul, Gerd und Franz



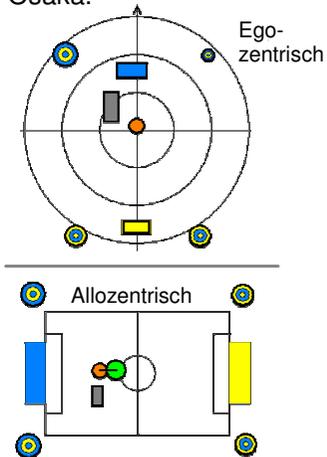
Unsere KidSize-Roboter sind 60cm hoch, 2,9kg leicht und haben 20 Gelenke: 6 pro Bein, 3 pro Arm und 2 im Rumpf. Wie Robotinho können sie omnidirektional laufen. Für die Fußballspiele haben wir verschiedene Verhalten implementiert. Die Spieler stimmen sich über WLAN ab, wer zum Ball geht. Da sich die Roboter beim Fußballspiel be-

rühren, haben wir Reflexe implementiert, die das Umfallen verhindern sollen. Gehen die Roboter dennoch zu Boden, stehen sie selbständig wieder auf. Die Roboter verfügen über zwei weitwinklige Kameras, die nach vorn und nach hinten gerichtet sind. Damit können sie fast alle Objekte auf dem Spielfeld gleichzeitig im Auge behalten. Unsere KidSize-Roboter waren beim RoboCup 2006 sehr erfolgreich. Im Fußballturnier erreichten sie das Finale gegen Team Osaka. Nach einer 4:0 Führung für uns konnte das japanische Team zum 4:4 nach regulärer Spielzeit aufholen und gewann in der Nachspielzeit. Im Elfmeter waren unsere Roboter nicht zu schlagen. Sie verwandelten 31 von 34 Schüssen und gewannen das Finale 8:7 gegen Osaka. Roboter Gerd war bei den technischen Wettbewerben einer von zwei Robotern, die über unebenen Grund laufen konnten. In der Gesamtwertung belegten unsere KidSize-Roboter den zweiten Platz, hinter dem Titelverteidiger Osaka.

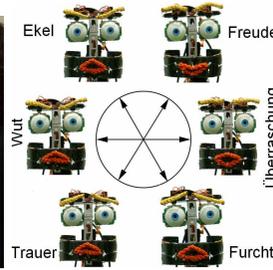
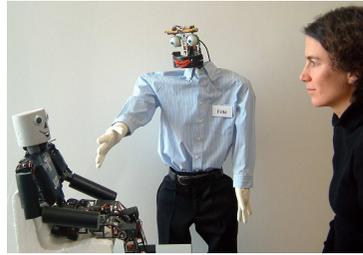
Sicht nach vorn



Sicht nach hinten



## Kommunikationsroboter Fritz



Unser Roboter Fritz hat beim RoboCup 2006 als Torwart gespielt. Seine Hauptaufgabe ist aber die intuitive multimodale Kommunikation. Fritz nimmt Personen in seiner Umgebung wahr und führt einfache Dialoge mit ihnen. Die Besucher können sich seine Roboterfreunde, die vor ihm sitzen, vorstellen lassen.

Fritz ist 120cm groß und wiegt ca. 6kg. Er hat 32 Motoren: 5 pro Bein, 3 pro Arm und 16 im Kopf. Drei Servos bewegen zwei Kameras, vier die Augenbrauen und sechs Servos animieren den Mund. Der Hals hat die verbleibenden drei Gelenke.

Fritz detektiert die Gesichter der umstehenden Menschen in den Kamerabildern, damit er ihnen in die Augen schauen kann. Er verwendet ein Spracherkennungssystem sowie ein Sprachsyntheseprogramm um sich zu unterhalten und führt mit seinen Armen, dem Kopf und den Augen Zeigegesten aus. Mit seiner Mimik und durch die Betonung der Sprache kann Fritz seine momentane Stimmung ausdrücken. Er freut sich, wenn sich jemand mit ihm unterhält.

## Weitere Infos und Kontakt

[www.NimbRo.net](http://www.NimbRo.net)

Publikationen, Bilder und Videos von den Robotern

Dr. Sven Behnke  
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg  
Institut für Informatik  
Georges-Köhler-Allee 52  
79110 Freiburg

[behnke@informatik.uni-freiburg.de](mailto:behnke@informatik.uni-freiburg.de)

Tel: + 49 761 203 7404  
Fax: + 49 761 203 8222

# Humanoide Fußballroboter



## AG Humanoide Roboter



Albert-Ludwigs-Universität Freiburg