

# Rollen statt Stollen

Fußball treibt Roboterforscher an ihre Grenzen – Kicken und Rennen ist schwerer als Schach

Von Philip Wolff

Wie lautet der Ausspruch von Bundestrainer Rudi Völler, den seine Anhänger am meisten schätzen? „Zu 50 Prozent stehen wir im Viertelinale, aber die halbe Miete ist das noch ange nicht.“ Ein historischer Satz, der Toffnung macht auf ähnlich verwirrende EM-Ergebnisse, wie selbst der schwächste Solar-Rechner unter Portugals Sonne sie nicht zustande brächte. Das wissen vor allem die Computer-Experten unter den Fans: Mit der binären Logik eines Rechners ist eine Sache wie Fußball einfach nicht zu erfassen. Grauzonen der Logik gehören dazu, soll der Sport gelingen.

Wer Computern das Fußballspielen beibringt und Roboter aufs Feld schickt, begibt sich daher in Grenzgebiete: Es geht auf dem Platz um mehr als richtig und falsch, und die Rechnerleistung, die in einer einzigen rettenden Beinbewegung steckt, ist um ein Vielfaches höher als selbst jene klügster Schachzüge. Müsstes Rudi Völler und seine Elf sich heute – sieben Jahre nach dem Sieg des Schachcomputers Deep Blue über Weltmeister Garri Kasparow – von den modernsten Robotern auf dem Feld vertreten lassen, sie hätten selbst gegen die F-Jugend des TSV Klein-Urnstadt keine Chance. Eine Schmach für die Forscher. Denn die Fähigkeit, Fußball zu spielen, ist Schach abgelöst. Sie gilt heute als entscheidender Maßstab in der Entwicklung künstlicher Intelligenz, der Evolution des Maschinenmenschen.

Parallel zur aktuellen EM treffen sich daher vom 29. Juni an wieder Wissenschaftler zur Fußball-Weltmeisterschaft der Roboter, dem RoboCup in Lissabon, einer Leistungsschau der Fachwelt. „Fußball ist für uns die ideale Forschungsplattform, weil ich auf dem Fußballfeld fast alle Probleme antreffe und lösen muss, die mir in der realen Welt begegnen“, erklärt Andreas Richter, Ingenieur am Honda Research Institute Europe in Frankfurt. Der aufrecht gehende Honda-Roboter Asimo zum Beispiel soll künftig noch besser Situationen in der physischen Realität erkennen, Strategien daraus ableiten und in so genannter Echtzeit handeln. Das gilt für alle Maschinen, deren Nachfahren dem Menschen einmal im Haushalt helfen sollen. Die reale Welt, komplizierter als ein Schachbrett, ähnelt dem Bolzplatz. Doch wirklich Fußball zu spielen, wird auch im dritten Jahr ihrer RoboCup-Teilnahme keinem der Humanoiden gelingen. Fußballerische Fortschritte demonstriert in Lissabon vor allem eine Liga rollender Roboter, die in Größe und Gestalt aufgemotzten Apfelsinenkisten gleichen.

Während die Humanoiden noch mit ihrer Schwerkraft ringen, wenn sie laufen und kicken sollen, lässt sich am motorisch simplen Roll-Roboter bereits erklären, wie man einer Maschine das Fußballspielen beibringen kann: Einen PC braucht es dazu, einen Aufbau mit Rollen, Schubs-Vorrichtung für den Ball und Sensoren plus ein digitales Kameraauge. Ist alles verkabelt, muss man den

Computer nur noch programmieren: „Man muss die Wahrnehmung der Kamera vorverarbeiten“, erklärt Ansgar Bredendfeld vom Fraunhofer-Institut für Autonome Intelligente Systeme. Den Rechner füttern mit Standardbildern vom Ball, den er erkennen soll, vom Feld, vom Tor, von typischen Spielsituationen. Sodann müssen an die Bilder Befehle gekoppelt werden wie „Räder in Gang setzen“, „Ball ansteuern“, „schießen“. „Das allerdings wären nur binäre Entscheidungen, die besagen: Auf jenes Bild reagiere ich mit genau dieser Aktion“, so Bredendfeld. Ein Spiel käme unter solch eindimensional agierenden Robotern nicht zustande.

Deshalb müssen die Informatiker mehrere elementare Verhaltensweisen – geradeaus, links, rechts fahren, umdrehen, stehen bleiben – als Alternativen programmieren und sie in parallel laufenden Entscheidungsprozessen im Rechner einander überblenden. Im einfachen Fall bedeutet das: „Der Roboter kann zum Ball fahren und gleichzeitig andere Ziele verfolgen. Zum Beispiel den Ball vor dem eigenen Tor umfahren und erst dann schießen, wenn er hinter dem Ball steht“, sagt Bredendfeld.

Im komplizierteren Fall eines Spielgeschehens mit rollenden Teamkollegen, mit denen Entscheidungen per Funk abgeglichen werden, und mit Gegnern, die womöglich näher am Ball sind, muss eine Hierarchie die einzelnen Entscheidungsprozesse ordnen: zu einer Spielstrategie. „Diese Hierarchie muss der Mensch festlegen, der weiß, wie Fußball funktioniert“, sagt Roboter-Experte Rüdiger Dillmann von der Universität Karlsruhe. Dazu müsse der Mensch den Roboter heute aber nicht mehr unbedingt per Tastatur programmieren. Auch durch Gesten- und Spracherkennung ließen sich man-

## Plan der Forscher: ein rollender Rudi Völler

che Maschinen auf dem Fußballfeld belehren. „In Zukunft wäre es zum Beispiel auch denkbar, dass wir ins Stadion gehen, Spiele aufnehmen, sie digital rekonstruieren, sie synthetisch kommentieren und so einen digitalen Trainer bauen“, sagt Dillmann. Einen rollenden Rudi Völler, der Anweisungen gibt.

Mit solchen Plänen rücken die Forscher in die Grauzonen des rechnerisch Machbaren. Wie viele Spielsituationen müsste so ein vorausschauender Rudi-Roboter erkennen? Unendlich viele. „Beim Schach alle möglichen Gegenzüge auszurechnen, eine siebenstellige Anzahl von Kombinationen etwa, und daraus die beste auszuwählen, dazu ist ein Computer gut geeignet“, sagt Dillmann. Die Fußball-Realität aber ist vielfältiger. Stets uneindeutig sind Positionen und Bewegungen von Ball und Gegner. „Die

Realität rauscht“, sagen Informatiker. Während der Mensch Rudi Völler „mit den Vagheiten der Wirklichkeit operieren kann“, wie Norbert Jesse vom Informatik-Lehrstuhl der Universität Dortmund formuliert, sind dem Roboter, der nur ein klares Ja oder Nein kennt, hier Grenzen gesetzt.

Jesse tritt am heutigen Dienstag mit einer Mannschaft etwa faustgroßer, von einem kamerabewehrten Trainer-Computer zentral befehligter Rollroboter an: Auf der Messe Automatica in München spielen seine „Dortmund Droids“ im Rahmen einer Roboter-EM gegen 13 internationale Teams. Die künftige Lösung für das Problem der „rauschenden Realität“ sieht Jesse in der „Fuzzy“ genannten, der unscharfen Logik: „Mit der „Fuzzy-Logik lassen sich die Befehle für unsere Fußballroboter allgemein halten“, erklärt Jesse. „Gilt nach der klassischen Logik eine Sache ganz oder gar nicht, kann man mit der Fuzzy-Logik uneindeutige Begriffe mathematisch bestimmen.“ Der Befehl „näher ran an den Ball!“ etwa ließe sich aus der Schnittmenge der Befehle „losdösen“ und „nicht dagegen düsen“ bilden. So muss der Trainer-Computer keine abrupten Befehlsänderungen aussprechen und die dahinrauschende Realität nicht in eindeutige Häppchen zerhacken. Das Spiel fließt.

Schon heute zeigt die Liga zentral befehligter Mini-Roller den mit zwei Metern pro Sekunde temporeichsten RoboCup-Fußball: schneller als jener der Vierbeiner-Liga „Aibo“ von Honda, schneller als jener der Apfelsinen-Kisten, denen man beim Rechnen nachgerade zuschauen kann: Pro Sekunde nimmt so ein autonom agierendes Gerät seine komplette Umwelt 30 mal wahr und überprüft seine Verhaltensstrategie – eine Leistung, die es in Echtzeit handeln lassen soll, die aber Rechenzeit kostet. Der Schuss eines Menschen, so der Augenschein, wäre für eine solche Kiste zu schnell.

Man muss das wissen, um zu verstehen, wie schwer es im Vergleich der zweibeinigen humanoide Roboter hat, der bei jeder Bewegung zusätzlich Sensor-Daten aus allen seinen Gelenken berechnen

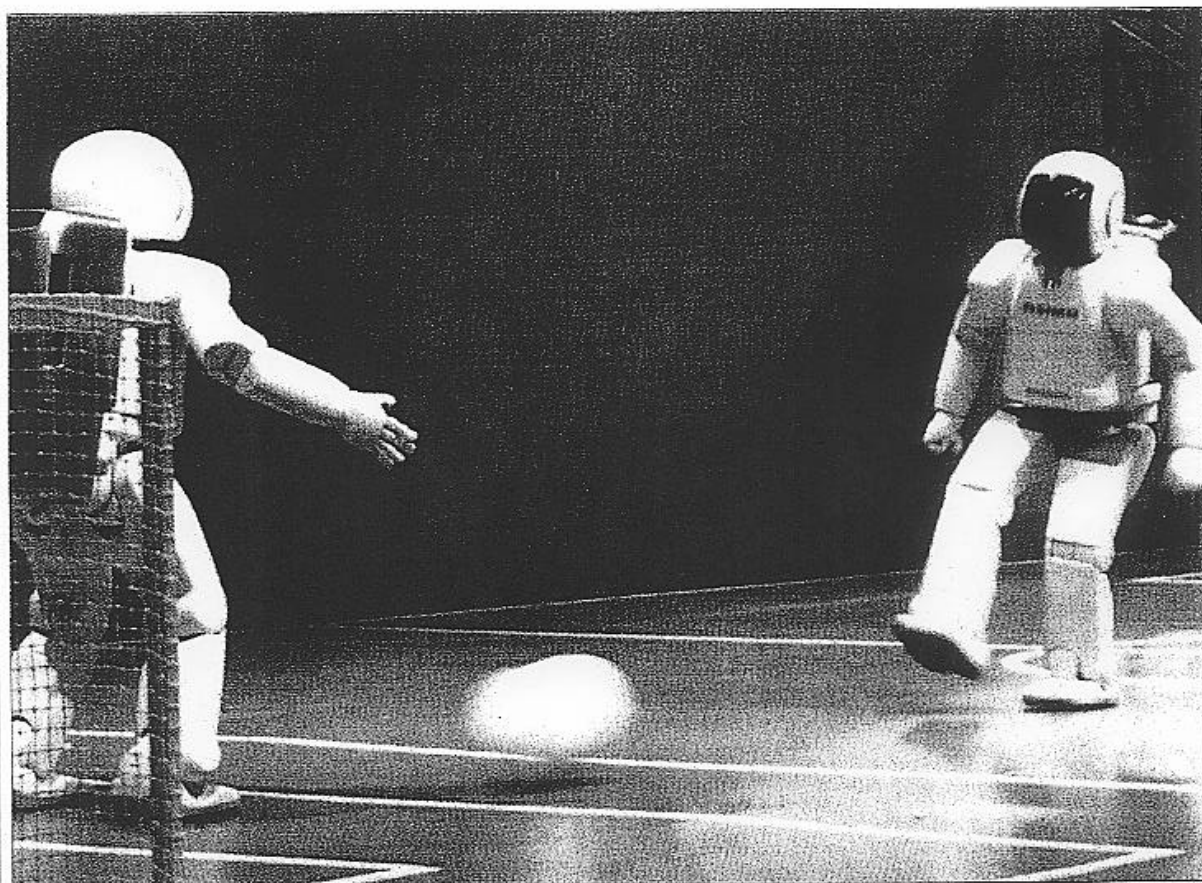
muss, um das Gleichgewicht zu halten. „Wäre Qrio so langsam wie der PC eines Roll-Roboters, würde er umfallen“, sagt Steffen Gutmann, der für Sony in Tokio am Asimo-Konkurrenten arbeitet. Im Acht-Millisekunden-Zyklus überprüfe Qrio seine Haltung mit Hilfe eines besonders schnellen Betriebssystems.

Beim neuesten japanischen Forschungsgerät HRP-2, dessen fast dreifache Qrio-Größe mehr Rechenkraft erlaubt, ergebe dieser Vorgang pro physisch gelaufenem Schritt etwa 25 Millionen Maschinenbefehle allein aus den Beingelenken – stabilisierende Arm- und

## Kicken, um Sympathie zu gewinnen

Oberkörperbewegungen nicht mitgerechnet, sagt Humanoiden-Forscher Dillmann. Das Gehen ist dabei eine Kraftanstrengung, für die umgerechnet „vier bis sechs Hochleistungs-PCs“ gebraucht würden. Kaum vorstellbar der Aufwand, sollte ein Humanoider rennen. Dazu taugt bislang nicht einmal die Mechanik: Mit einem Fuß müssen die meisten Humanoide bei der Fortbewegung stets den Boden berühren. Die Disziplinen in der Humanoiden-Liga in Lissabon sind daher: das Gehen auf verschiedenen Parcours und ein Tritt gegen einen Ball.

Und solche Dinger sollen einmal im Haushalt helfen? Mehr noch: im Jahr 2050 eine Auswahl menschlicher Fußballspieler schlagen, wie es das Ziel japanischer Forscher ist? Experten zweifeln das Datum an. Als Weg in den Haushalt jedoch akzeptieren sie das Fußballfeld: „Das Spiel erzeugt die nötige Sympathie für die Maschine“, sagt Richter. Nicht nur für künftige Entwickler macht das Fußballspiel den Roboter interessant. Vor allem seine künftigen Nutzer sollen sich auf sportliche Weise langsam an ihn gewöhnen, bevor er einmal den Tisch abräumt, feuchtreinigt und Oma stützt. Rudi Völler würden wir heute schon ins Haus lassen.



„Wirklich Fußballspielen kann man das noch nicht nennen“, sagen Fachleute. Humanoiden Robotern wie dem Modell Asimo gelingt es immerhin schon, gegen einen Ball zu treten, ohne umzufallen.  
Foto: AP