



[EXPEDITIONEN](#)

[Robocup](#)

[1. Spielverlauf](#)

[2. Hintergrund](#)

[3. Einteilung in Ligen](#)

4. Sendung zur  
Reportage

[5. Kollektive Robotik](#)



## »Robocup - Fußballspielende Roboter«

### 4. Sendung zur Reportage

**Vom Fußball zur Marserkundung  
Gruppendynamik bei Robotern**

Autor: Gabor Paal

Redaktion: Detlef Clas

Sendung: Montag, 03. September 2001, 8.30 Uhr, SWR 2



Sendung hören (Real Audio)

-----  
**Bitte beachten Sie:**

**Das Manuskript ist ausschließlich zum persönlichen, privaten Gebrauch bestimmt.**

**Jede weitere Vervielfältigung und Verbreitung bedarf der ausdrücklichen**

**Genehmigung des Urhebers bzw. des SWR.**

-----

#### **Cut 1.:(Reportage/Marsirske)**

So wir warten auf den Anpfiff nach dem 2:0. (Anpfiff) Stuttgart hat den Anstoß, versucht, den Freiburger heranstürmenden Spieler zu umspielen, aber ist viel zu langsam, viel zu langsam, so kann das nichts werden.

#### **Autor:**

Paderborn im Juni 2001. Ein Hallenturnier. Es geht um die deutsche Meisterschaft. Jedes Team hat vier Spieler. Keine Spieler aus Fleisch und Blut, sondern aus Metall und Elektronik. Sie sind 80 cm hoch, vollgepackt mit Sensoren und auf ihren Rücken ist ein Notebook geschnallt. Fußballspielende Roboter. Sie rollen über das fünf mal neun Meter große Spielfeld und versuchen, den Ball ins Tor zu befördern - möglichst in das des Gegners.

#### **Cut 2.:(Reportage)**

Der Spieler erkennt die Lücke, legt sich den Ball selber vor. Und bewegt sich sehr gemächlich zum Ball, wird behindert vom eigenen Spieler. Aber ich denke, Freiburg hat da weniger Probleme damit und schießt - gehalten, gehalten vom Stuttgarter Torwart Sepp...

#### **Autor:**

Nur oberflächlich betrachtet geht es bei den Robocup-Wettbewerben um Fußball. Bei den sogenannten Teamchefs, die dort herumlaufen, handelt es sich in Wirklichkeit um international anerkannte Robotik-Experten bzw. deren wissenschaftliche Mitarbeiter. Sie alle

sind nicht etwa hier, weil sie sich besonders für Fußball interessieren. Ihnen geht es vor allem um die Vision, die dahintersteckt. Die Überschrift dieser Visionen lautet: Kollektive Robotik.

**Cut 3.:**

Denken Sie jetzt an die Mars-Mission, nehmen Sie an, die schicken einen teuren Roboter hin und der geht kapputt. Das war's. Mars-Mission zu Ende. Stellen Sie sich vor, Sie schicken zehn oder zwanzig einfache Roboter hin, die irgendwas machen, und da geht einer kapputt, naja gut, können die anderen vielleicht sogar ausschlichten. (Piff) Vorher werden wir Roboter bauen für Umgebungen, wo Menschen nicht hinkommen können oder wollen - in der Tiefsee zum Beispiel, Vulkane, Erdbebengebiete, Lawinen usw. (Piff) Kollektive Robotik heißt, ich habe nicht einen Roboter, ich habe viele Roboter, die zusammen ein bestimmtes Problem lösen. Also das ist so ein bisschen die Idee, so ein Ameisenhaufen-Denken. Jede Ameise ist einfach, zusammen aber machen sie Dinge, die also die einzelne Ameise gar nicht sieht. (Piff) So gesehen, sind Autos auch Roboter. (Piff)

**Autor:**

Vom Fußball zur Marserkundung – Gruppendynamik bei Robotern.  
Eine Sendung von Gabor Paal.

**Cut 4.:(Reportage)**

... ich spüre Nervosität bei den Stuttgarter Teammitgliedern, die jetzt wieder ein Eigentor erwarten. Ja, und der Ball rollt, rollt, und der Torwart ist zu spät, und das ist das 3 : 0 für Freiburg, den Weltmeister im Spiel gegen Stuttgart.

**Autor:**

Schon im vergangenen Jahr hat sich der CS Freiburg den Weltmeistertitel geholt. Somit gehört das Team der Freiburger Universität auch in Paderborn zu den Top-Favoriten. Wie sich herausstellt, zu Recht: Die Spieler sind sichtlich den meisten anderen haushoch überlegen. Teamchef Tilo Waigel weiß das.

**Cut 5.:**

Bisher war die Stärke die gute Selbstlokalisierung, d. h. dass die Roboter relativ gut wissen, wo sie sich auf dem Feld befinden, und darauf basierend dann auch gut wissen, wo sich gegnerische Roboter und die eigenen befinden.

**Autor:**

Dennoch machen es die Freiburger Informatiker wie alle anderen: Noch während des dreitägigen Turniers optimieren sie ihre Roboter - und vor allem deren Software - oft bis spät in die Nacht.

**Cut 6.:**

Eine Schwäche momentan war die Bilderkennung, also mit der wir eigentlich den Ball lediglich erkennen. Damit hatten wir jetzt heute noch große Probleme, das wird aber jetzt gefixt hoffentlich, um da wieder das richtig hin zu bekommen.

**Autor:**

Der Aufwand hat sich gelohnt. Freiburg wurde Deutscher Meister und zwei Monate später verteidigte das Team im amerikanischen Seattle auch seinen Weltmeistertitel.

**Cut 7.:**

Es macht einem Spaß, aber es ist nicht verbissener Ehrgeiz. Der verbissene Ehrgeiz ist, glaube ich, auch nicht hier da. Aber wenn man dann die Roboter spielen sieht, dann fiebert man natürlich schon ein bisschen mit und ist gespannt. Man hat natürlich auch sehr viel Zeit investiert, mehr als jetzt ein normaler Student oder Mitarbeiter sollte, müsste, dürfte. Und dann freut man sich natürlich auch, wenn das System gut funktioniert. Man fiebert da mit, aber ich würde denken, dass alle Beteiligten sich vom Robocup einig sind, dass es eigentlich eine sehr gute und freundschaftliche und lockere Atmosphäre ist. Es geht ja auch um wissenschaftlichen Austausch und nicht um Kompetenz pur.

**Autor:**

Gegenüber von Tilo Waigel steht Paul Levi, Teamchef der Stuttgarter Mannschaft, die soeben im Spiel gegen Freiburg drei Tore kassiert hat. Obwohl sich die Stuttgarter bei den German Open ganz gut behauptet haben, war Torwart Sepp im Spiel gegen die Gegner aus Freiburg etwas überfordert. Dabei hat Sepp alles, was ein guter Torwart braucht.

**Cut 8.:**

Der Torwart hat jetzt drei Kameras, um linke, rechte Ecke zu überschauen, und natürlich den Angriff von vorne. Einen Laserscanner, einen Ring von 16 Ultraschall-Sensoren, hat hier die Fußballvorrichtung nochmal drin, wo dann taktile Sensoren sind. Die müssen ersetzen das Ballgefühl eines Menschen, und nur wenn sie den Ball spüren, sollen sie ja schießen, und dafür sind dann so taktile Sensoren da. Also es ist ein richtiges Multisensor-System.

**Autor:**

Die Schussvorrichtung der Stuttgarter Spieler beruht auf einem Drehmagneten, ähnlich wie bei einem Flipperautomaten. Andere Mannschaften, zum Beispiel die Ulmer, verwenden dagegen Druckluft. Auch bei den Sensoren gibt es Unterschiede. Benutzen die Stuttgarter Roboter Ultraschall, um ihre Mitspieler und Gegenspieler zu erkennen, arbeiten andere Teams lieber mit Infrarotsensoren. Und nur die wenigsten bestimmen ihre Position auf dem Spielfeld mithilfe von Laserscannern, so wie die Stuttgarter und die Freiburger. Alle Spieler aber haben eine oder mehrere Kameras. Sie dienen dazu, den

knallorangenen Ball ausfindig zu machen. Auf dem Gebiet der Sensorik wird allerdings noch viel herumgetüftelt, auch wenn, wie Hans-Dieter Burkhardt vom Arbeitskreis Robotik berichtet, die Spieler schon viel besser sind als bei den ersten Turnieren vor ein paar Jahren.

**Cut 9.:**

Der Ball ist üblicherweise orange, damit die Roboter ihn besser erkennen können. Wenn dann irgendein Zuschauer in der Ferne war mit 'nem orangenen T-Shirt, dann ist eben der Roboter mit voller Wucht gegen die Bande gefahren, weil er dachte, da wäre der Ball. Das ist eine Sache, die man, wenn sie erstmal sozusagen bedacht hat, relativ einfach lösen kann; alle guten Lösungen in der Technik sind zum Schluss einfach, man muss nur erstmal drauf kommen.

**Autor:**

Ähnlich wie Augen ein Gehirn brauchen, um sehen zu können, nützen die besten Sensoren nichts ohne die dazugehörige Software, die die empfangenen Daten interpretiert, die eben versteht, dass der orangene Fleck im Publikum kein Fußball ist, sondern irgendetwas anderes. Zwar wird die Bilderkennung bei Robotern von Jahr zu Jahr besser, doch verglichen mit menschlichen Ansprüchen, sagt Daniel Polani, steckt sie noch in den Kinderschuhen.

**Cut 10.:**

Wie wenn Sie Baby-Fußball machen würden. So den Babies so sagen, sie sollen Fußball spielen. Dann würden wahrscheinlich Babies noch besser abschneiden als die Middle Size Liga. Weil Babies noch einigermaßen 'ne ordentliche Mustererkennung und ein verdammt gutes visuelles System haben. / Also was Menschen als sehr selbstverständlich annehmen, sind eigentlich Dinge, die wir - sagen wir im frühen Kindesalter - erlernen, z. B. Sinneseindrücke zu verarbeiten. Sinneseindrücke sind ja, also für den Roboter ist erst mal so 'ne Kamera eine Schicht mit bunten Pixeln, mehr nicht. Für Menschen hat so ein Bild immer eine Bedeutung: das ist ein Gesicht oder ein Computer, ein Buch, ein Stuhl, ein Tisch, was immer. Und wir müssen eigentlich, damit Roboter intelligent werden, dafür müssen wir dem Roboter einen Begriff dafür geben, was er sieht.

**Autor:**

Das ist auch ein Kapazitätsproblem. Einerseits muss der Roboter dazu gebracht werden, alle auch nur möglichen Fälle zu berücksichtigen, das erfordert viel Rechenleistung, und die kostet Zeit. Andererseits müssen die Spieler, wenn es drauf ankommt, schnell reagieren. Mit diesem Konflikt hatte auch der Stuttgarter Teamchef Paul Levi zu kämpfen.

**Cut 11.:**

Was wir gelernt haben, dass wir ein zu komplexes System aufgesetzt haben. Und müssen jetzt während des Turniers ständig unsere

Software vereinfachen. Vereinfachen, weil wir zu komplexe Situationen angenommen haben, die gar nicht auftreten im Turnier. Die haben viel zu langsam reagiert und haben dann beispielsweise im Extremfall sich selbst als Hindernis gesehen und dann bleibt er stehen. Er kann sich selbst nicht umfahren.

**Autor:**

Hat das Spiel begonnen, spielen die Roboter autonom. Aber sie sind ein Team. Per Funk tauschen die Roboter Informationen untereinander aus. Menschliche Eingriffe dagegen sind nicht erlaubt. Nur an- und ausschalten muss man die Roboter noch von Hand. Denn sie hören keinen Anpfiff, und sie wissen auch nicht, dass nach einem Tor ein neuer Anstoß erfolgt. Sie bekommen es noch nicht einmal mit, wenn sie eine rote Karte kriegen. Aber, so versichert mir Paul Levi, daran wird gearbeitet. Doch eigentlich interessieren ihn fußballspielende Roboter nur am Rande. An seinem Institut an der Stuttgarter Uni beschäftigt er sich vielmehr mit Autos. Die Autos der Zukunft, sagt Levi, könne man sich im Grunde als fahrende Roboter vorstellen. Die Autos werden miteinander kommunizieren und sich unabhängig von ihrem jeweiligen Fahrer gegenseitig über die aktuelle Verkehrslage informieren.

**Cut 12.:**

Praktisch kann man sich das so vorstellen, dass Sie jetzt die Autos, die jetzt schon existieren und alleine fahren, dass die jetzt in Absprache ähnlich wie beim Robocup Situationen erkennen. Also vorne ist z. B. ein Unfall. Wo eben schon vorauszusehen ist, dass ein Stau kommt. Der Mensch erkennt ihn erst, wenn er ihn sieht. Ich sehe den noch nicht, kriege den aber über Funk gemeldet, dass man z. B. sowas über Rechnerkommunikation schon mitteilt, und dann können die entsprechenden Autos sich selbst, also in dem Fall natürlich die Computer, sich abstimmen, welches Verhalten jetzt am geschicktesten ist, dann können die Rechner dem Fahrer vorschlagen, jetzt fahr an der Stelle langsamer oder fahr mit dieser Geschwindigkeit, und dann vermeiden wir den Stau.

**Autor:**

Und eines fernen Tages, so die Vision, erledigen das die Bordcomputer auch von alleine und lassen den Fahrer in Ruhe Zeitung lesen, während das Auto als fahrender Roboter selbst seinen Weg zum Ziel findet. Aber, wie gesagt, das sind noch ferne Visionen. Bereits in näherer Zukunft dagegen ist die elektronische Deichsel zu erwarten: Zwei Autos stehen in Funksignal miteinander in Verbindung. Sobald das vorderere Fahrzeug bremst, wird das hintere darüber sofort informiert und bremst ebenfalls. Ein menschlicher Fahrer müsste in einem solchen Fall eine Reaktionszeit von mindestens einer Sekunde einkalkulieren und entsprechend Abstand halten. Kommunizieren die Autos jedoch elektronisch miteinander, erfolgt die Signalübertragung im Bruchteil einer Sekunde. Die Autos könnten dann in dichtem Abstand zueinander fahren. Damit passen zwar auch nicht mehr Autos auf eine Autobahn als jetzt, aber die Autos könnten wirklich fahren statt im Stau zu stehen. Erste Experimente in

diese Richtung laufen bereits, Paul Levi denkt noch weiter: Die Autos der Zukunft, sagt er, würden nicht nur mit ihrem unmittelbaren Vorderwagen kommunizieren, sondern mit vielen anderen Autos in der Umgebung.

**Cut 13.:**

Wir haben eben gelernt, dass nicht jeder komplexe Ablauf durch mathematische Formeln zu beschreiben ist. Wenn das machbar ist, wird man das auch in Zukunft tun, beispielsweise bei einer Fertigungsanlage. Da wird man nicht jeden Roboter mit jedem anderen sprechen lassen. Aber im Verkehr oder bei anderen Abläufen, da ist es durchaus sinnvoll, ein ganzes Team von Maschinen zu haben, die in Absprachen untereinander Aufgaben durchführen, und das ist insbesondere dann sinnvoll, wenn reguläre Abläufe gestört werden.

**Autor:**

Diese Ideen hat Paul Levi also im Hinterkopf, wenn er den fußballspielenden Robotermanschaften in Paderborn zuschaut.

**Cut 14.:**

Die Dinge, die da notwendig sind für die Fahrzeuge, können wir hier sehr gut erproben. Also letztlich werden es ja elf Roboter sein. Diese elf müssen insgesamt die Situation erkennen, funken untereinander, welche Situation es ist und tauschen auch die Rollen. Also Verteidiger wird zum Stürmer und umgekehrt. Und dasselbe gilt natürlich für den Verkehr auch. Dass der einzelne kann zurück, wenn er überholen will, geht zurück, lässt den anderen überholen, und solche Dinge - Rollentausch. Und was eben die Schwierigkeit ausmacht: Situationen zu erkennen. Das können wir gegenwärtig bei den Autos noch nicht. Und das wollen wir hier lernen, weil nämlich hier kriegen die von elf, letztlich von elf Robotern kriegen sie die Meldung, ich sehe diese, und ich sehe jenes und alle elf müssen nicht übereinstimmen.

**Autor:**

Und die Probleme fangen schon beim einzelnen an. Um eine Situation zu erkennen, genügt es nicht, dass Roboter die Flecken, die er sieht, bestimmten Objekten zuordnen kann - also den Ball als Ball erkennt. Vielmehr benötigt er auch ein ungeheures Hintergrundwissen, um sozusagen zu „verstehen“, was es mit dem Ball auf sich hat und welche Entscheidungen er zu treffen hat. Beim Fußballspielen einen Ball zu sehen, ist etwas anderes, als wenn der Sensor vom fahrenden Auto aus einen Ball auf der Straße entdeckt.

**Cut 15.:**

Aber ich meine, da geht natürlich noch viel mehr los. Erstmal dass ich das erfahren habe, dass ich dann aber auch weiß, was mit dem Ball in Verbindung stehen könnte, nämlich ein Kind oder was auch immer, das müsste sozusagen dann der Roboter zusätzlich noch zu dem, dass er das Bild erstmal fasst, wissen, was daraus folgt, und dann, was er für Möglichkeiten hat, da zu reagieren. Soll er jetzt vor den

Baum fahren, oder kann er versuchen auszuweichen, muss er bremsen? Das sind alles Dinge, die auch wir nicht immer problemlos können, muss ich dazu sagen, aber wo wir doch irgendwo das Gefühl haben, wir wissen, worum es eigentlich geht.

**Autor:**

Aber genau um solche Dinge auch bei Robotern auszuprobieren, gibt es die Robocup-Spiele, erklärt Hans-Dieter Burkart vom Arbeitskreis Informatik. Techniken, die man auf der Straße nicht guten Gewissens ausprobieren kann, lassen sich auf der Spielwiese des Roboterfußballs testen. Für die Roboter-Forschung haben die Robocup-Turniere somit einen ähnlichen Stellenwert wie einst der Schachcomputer für die Informatik.

**Cut 16.:**

Der Mensch ist immer dann am besten, wenn er spielt. Das setzt unheimlich viel Kreativität frei. Ich meine, ich bin wieder beim Auto-, beim Flugzeugbau. Das ist auch erstmal sportlich vorangetrieben worden. Der Schachcomputer ist entwickelt worden auf die Weise. So viele Dinge. Und was noch 'ne Rolle dabei spielt, das ist wieder der Wettbewerb. Ich kann tolle Papers schreiben und kann irgendwas behaupten und das klappt in meinem Labor vielleicht auch noch ganz fantastisch, aber in dem Moment, wo ich damit hinaus in die Welt gehe, wo ich das jetzt jemandem zeigen muss unter anderen Bedingungen, da ist das dann der Test für die Wahrheit. D. h. wir können jetzt nicht einfach sagen, ich habe jetzt hier einen tollen Fußball-Spieler, sondern wir müssen dann hierher kommen nach Paderborn, und dann kann jeder das sehen. Und der dritte Punkt natürlich, dass jetzt Fußball etwas ist, was ich auch vermitteln kann. Mir geht's ja auch darum, dass ich schon vermitteln möchte in der Öffentlichkeit, wo die Technik heute steht.

**Autor:**

Und zu diesem Zweck haben die Veranstalter der Robocup-Turniere eine Vision entworfen: Ähnlich wie der Computer inzwischen den amtierenden Schachweltmeister besiegt, soll in fünfzig Jahren eine Roboter-Mannschaft den amtierenden Fußballweltmeister schlagen. Warum gerade fünfzig Jahre? Nun ja, es klingt halt gut.

**Cut 17.:**

Also das erste Spiel in der Sony Legged Robot Liga. Es gibt vier Musketiere aus Paris. So, das Spiel ist eröffnet. Und Paris greift an...

**Autor:**

Ein weiteres Spiel in einer ganz anderen Liga. Die Pariser Musketiere gegen die Darmstadt Dribbling Dackels. So heißen sie, und es sind die lustigsten und goldigsten Geschöpfe, die bei den Meisterschaften mitmachen, die Roboterhunde der Firma Sony. Sie sehen aus wie Dackel, und sie bewegen sich auch so. Sie umklammern den Ball, und wenn sie hinfallen, drehen sie sich über den Rücken wieder auf die



Beine. Bemerkenswert auch die Schusstechnik.

**Cut 18.:**

Die Technik besteht darin, den Ball zu lokalisieren, sich darauf hin zu bewegen und sich dann hin zu legen und mit der Brust den Ball zu schießen. Das ist nicht ganz das, was wir von Melbourne kennen, da hat ja das Team der University of South of Wales eine Krabbeltechnik entwickelt, die eine sehr sichere Ballführung ermöglicht hatte, und hatte damit alle Konkurrenten aus dem Feld geschlagen.

**Autor:**

Die Hardware ist in dieser Liga vorgegeben. Sony stellt die Roboter-Hunde zur Verfügung mit allen dazugehörigen Sensoren; es kommt voll und ganz auf die Software an, die die Mannschaften entwickeln. Von allen Klassen, die bei den Meisterschaften antreten, sorgen diese Hunde für die meiste Aufmerksamkeit unter den Besuchern.

**Cut 19.:**

Die sind supersüß. / Richtig genial. / Ist doch fast Tierquälerei, wenn man die so auf die Schnauze fallen lässt. / Nee, die denken nicht irgendwie. Glaube ich nicht, dass die so richtig denken. Das kann ich mir nicht so gut vorstellen. Aber irgendwie sind sie schon ganz niedlich.

**Autor:**

Auch die Trainer versuchen, ihre elektronischen Spieler anzufeuern.

**Cut 20.:**

Komm, ein Schupps nur. Ah – blödes Viech.

**Autor:**

Das ist nicht nur witzig. Je mehr Roboter lebensähnliche Züge annehmen, desto mehr neigen Menschen dazu, in sie Gefühle hineinzuprojizieren. Sony stellt ja auch nicht nur Roboter-Hunde zum Fußballspielen her, das ist nur eine Variante. Die Standardversion ist das elektronische Haustier, sozusagen die mobile Form des Tamagotchi. Und selbst, wenn man das noch als Spielzeug durchgehen lässt: die spielerische Anwendung einer Technik ist oft das Vehikel für andere Einsatzfelder. So hatte es Hans-Dieter Burkard ja formuliert, und er weiß, wovon er spricht. Denn Burkard, Mitglied im Arbeitskreis Robotik und zugleich Professor an der Berliner Humboldt-Uni, interessiert sich für eine Entwicklung ganz besonders: Haushaltsroboter als Assistenten für ältere, pflegebedürftige Menschen.

**Cut 21.:**

Es ist doch für viele Leute so, sie könnten von ihren geistigen Fähigkeiten sich durchaus noch alleine versorgen. Aber der Körper



macht nicht mehr mit. Sollen sie nur deswegen in ein Pflegeheim? Das wäre doch wirklich schön, wenn sie im Prinzip in ihrer Umgebung bleiben könnten mit einer maschinellen Hilfe. Ob das nun ein zweibeiniger Roboter ist oder eher ein Fahrgerät usw., das bleibt noch dahin gestellt. Ich meine, man wird sicher dann etwas entwickeln, das halt auch, dass man in gewisser Weise damit kommunizieren kann. Was heißt das? Erstmal Befehle geben, aber möglicherweise eben vielleicht auch wirklich sowas wie eine Art Unterhaltung führen, was wir mit unserem Computer auch schon machen, dass man einfach doch so ein bisschen das Gefühl hat von Nähe. Die Kinder entwickeln die Nähe auch zum Tamagochi. Das liegt im Menschen drin. Und ich kann das nicht verbieten?

**Autor:**

Der elektronische Zivildienstleistende also? Wenn demnächst die Wehrpflicht und damit auch der Zivildienst abgeschafft werden sollte – werden dann Roboter einspringen und die Alten mit dem Nötigsten versorgen? Hans-Dieter Burkard hört den kritischen Unterton und wiegelt ab.

**Cut 22.:**

Ich stelle mir das anders vor. Ich meine, der Roboter kommt nicht, sondern der ist ständig da. Und ich hoffe immer noch, dass irgendwas wie der Zivi dann trotzdem kommt oder auch jemand anders kommt, aber es ist auch etwas anderes, wenn jemand kommt und dann wirklich kommen kann meinetwegen, um den Kontakt zu pflegen, und nicht was weiß ich, jetzt den Gang zum Klo machen muss usw.

**Autor:**

Paul Levi von der Uni Stuttgart steht dieser Entwicklung skeptisch gegenüber. Er habe nichts gegen funktionale Haushaltsroboter. Aber er bezweifelt, ob einsamen Menschen mit Robotern wirklich geholfen wäre.

**Cut 23.:**

Dieses Miteinander, das ist noch 'ne völlig offene Frage. Aber wir denken, dass wir die jetzt auch schon im Vorfeld diskutieren müssen. Denn ansonsten verlässt sich der Einzelne, gerade der Behinderte, denn die Gefahr ist ja sehr groß. Wenn eine gewisse Intelligenz vorhanden ist in seinem Fahrstuhl, in seinem Assistenten, den er hat, dass er mit dem eigentlich eine eigene Welt aufbaut, und das ist nicht unser Ziel. Aber wir wissen noch nicht, wie wir das umgehen können.

**Autor:**

Levi schließt nicht aus, dass es eines Tages ähnlich dem Ethikrat zur Biotechnologie einen Ethikrat geben wird, der sich mit Richtlinien zum Einsatz von Robotern befassen wird. Doch in der gewöhnlichen kollektiven Robotik – wo es um reine Robotergruppen geht – stellen sich solche ethischen Probleme nicht. Im Gegenteil. Richtig eingesetzt, könnten Robotermansschaften sogar helfen, Menschenleben zu

retten.

#### **Cut 24.: (Burkard)**

Katastropheneinsatz. Wenn also gerade Erdbeben-Katastrophen sind, dann ist das Problem immer, schnellstens an Verschüttete ran zu kommen, aber das ist so umfangreich, dieser Schuttberg, der da liegt, dass man also selbst mit modernster Technik eben von außen das nicht orten kann. D. h. die Alternative wäre jetzt, Maschinen da reinfahren zu lassen oder krabbeln zu lassen oder was auch immer wir jetzt dann sozusagen als gut empfinden. Und die kann ich auch wieder - ich kann zwar fünftausend Maschinen bauen, aber nicht fünftausend Leute daneben stellen, die das steuern. D. h. die müssen schon in der Lage sein, irgendwo erstmal selber sich vorzutasten und dann ihre Sensorik meinetwegen über Infrarot sagt, hier ist etwas Warmes, hier könnte ein Mensch sein, dann wird ein Signal gegeben, und dann schaltet sich einer von außen ein, der mit Kamera oder was weiß ich, was dann alles eine Rolle spielt, sozusagen weitergeht und feststellt, ah da ist wirklich einer und hier müssen wir buddeln. Also solche Dinge z. B. kann ich mir vorstellen.

#### **Autor:**

Roboter im Einsatz zur Rettung von Menschen – Auch dafür gibt es bereits eine spielerische Variante: Während die elektronischen Fußballspieler in Seattle um die Weltmeisterschaft kämpften, fand parallel dazu der Robocup Rescue Wettbewerb statt. Hier müssen Roboter verschüttete Opfer in Form von Schaufensterpuppen aufspüren, den Ort in eine Karte eintragen und zeigen, wie man am besten zu ihnen hinkommt. Das Übungsgelände gleicht einer sehr unaufgeräumten Bühne, etwa so groß wie eine Küche, es ist durch einige stabile Wände in mehrere kleine Kammern unterteilt. Der Weg führt über eine Rampe, auf dem Boden liegt allerhand Zeug herum, das die Roboter umfahren müssen, um zu den Opfern vorzudringen. Dazu haben sie fünf Minuten Zeit. Roboter auf dem Mars, Roboter in Erdbebengebieten, Roboter auf der Suche nach Lawinopfern, Roboter auf Minenfeldern. Der Fantasie sind keine Grenzen gesetzt. Aber man muss ja nicht immer an Katastrophen denken. Am GMD-Forschungszentrum in St. Augustin werden Roboter entwickelt, die einmal Abwasserkanäle inspizieren sollen. Thomas Christaller, er ist maßgeblich daran beteiligt, hat schon eine sehr konkrete Vorstellung:

#### **Cut 25.:**

In Deutschland haben wir so rund 300.000 bis 400.000 Kilometer Rohre in Kommunen, die alle inspiziert werden müssen in einem Zeitraum von 10 Jahren. Das ist eine unglaubliche Aufgabe und meine Vorstellung ist, in einer Stadt wie Köln mit ein paar Tausend Kilometer Kanalrohren braucht man vielleicht hundert solche Roboter, steckt die in die Gullys rein, macht den Deckel oben zu, kommt nach einer Woche wieder vorbei, dann nimmt man die Roboter aus dem Gully raus, dann haben die die Kanäle inspiziert. Das bedeutet, dass in dieser Zeit die Roboter ohne jegliche menschliche Unterstützung in der Lage sein müssen, ihre Aufgabe zu erfüllen. Sie müssen navigieren, sie müssen eventuell kommunizieren können mit anderen Robotern,

um sich die Aufgabe zu teilen, sie müssen feststellen, wo sie schon gewesen sind, sie müssen wissen, wo sie hinwollen, und sie müssen halt in dieser rauhen Umgebung - man kann es fast nicht anders sagen - überleben. Sie müssen damit fertig werden, dass irgendeiner Zeug reinschütten, was der liebe Gott und die Abwasserverordnung verboten hat. Sie müssen damit fertig werden, dass ein Baum seine Wurzeln da rein getrieben hat, sie müssen damit fertig werden, dass eine Bodensenke stattgefunden hat, eine Kanalrohr abgerutscht ist etc. Alles Dinge, die man im Prinzip weiß, dass sie vorkommen, aber nie weiß, wann sie auftreten, wo sie auftreten und in welchem Umfang. Wir sind nicht soweit, dass wir das heute können, aber wir sind auf dem Weg dahin.

**Autor:**

Aber Thomas Christaller hat einen sehr genauen Zeitplan. Bereits jetzt haben er und seine Mitarbeiter es geschafft, Roboter zu bauen, die autonom durch Kanalrohre fahren können. Drei weitere Jahre werde es dauern, um den Robotern beizubringen, was es heißt, einen Kanal zu inspizieren, und noch einmal drei Jahre, um ihnen beizubringen, miteinander zu kommunizieren. Warum solche autonomen Roboter so schwierig zu bauen sind - viel schwieriger als einfache Industrieroboter - lässt sich anhand einer Geschichte verdeutlichen: Ein Roboter kommt in eine Kneipe und sucht sich einen freien Platz. Ihm gegenüber sitzt ein Physikprofessor. Der Professor holt ein Blatt Papier heraus und skizziert darauf mit Formeln eine neue Theorie zur Quantenmechanik, die er entwickelt hat. Plötzlich unterbricht ihn der Roboter, der Professor habe sich verrechnet. Der Professor rechnet verdutzt nach, und tatsächlich, ein Fehler. An dieser Geschichte, sagen Künstliche-Intelligenz-Forscher, ist vor allem eines unglaublich: Dass der Roboter sich in der Kneipe einen freien Platz sucht.

**Cut 26.:**

Wir müssen uns eins klar machen.

**Autor:**

Meint Daniel Polani...

**Cut 27.:**

So ein Roboter oder ein Lebewesen lebt ja nicht in einer Umwelt, die wie beim Schach perfekt bestimmt ist. Ich weiß nicht, was im Nebenraum ist. Ich weiß nicht immer, was unter dem Tisch ist, wenn ich nicht nachgucke. Und vielleicht interessiert's mich auch gar nicht. Und das ist der entscheidende Punkt. Die meisten Dinge interessieren mich nicht. Also ich meine, wenn ich jetzt mit Ihnen rede, denken Sie da daran, dass jetzt z. B. Ihre linke Zehe im Schuh dort an den Rand drückt? Nein. Das wird weggefiltert.

**Autor:**

Das ist der Punkt: Was wichtig ist und was nicht, kann sich von einem Moment auf den anderen ändern. Sie fahren mit dem Auto und hören

mit Aufmerksamkeit die Nachrichten, plötzlich rollt zwischen den parkenden Autos ein Ball auf die Straße. Plötzlich sind die Nachrichten völlig unwichtig. Dies einem Computer oder Roboter klar zu machen, ist äußerst schwierig. Denn die haben keinen gesunden Menschenverstand. Auch die fußballspielenden Roboter befolgen bislang nur die Befehle, die man ihnen eingegeben hat: Prüfe mit der Kamera, ob du einen orangenen Fleck auf dem Spielfeld findest. Wenn nicht, drehe die Kamera um 30 Grad nach rechts und prüfe erneut. Siehst Du einen orangen Fleck, dann bewege Dich darauf zu. Befindet sich der Ball unmittelbar vor Dir, stoppe Deine Bewegung und aktiviere die Schussvorrichtung. Auch wenn in Wirklichkeit die Befehle wesentlich differenzierter und komplizierter sind - das ist das Prinzip. Es gibt aber Situationen, in denen der Roboter zwischen verschiedenen Möglichkeiten abwägen muss, und das ist die Schwierigkeit. Wenn er mit dem Ball vor dem Tor steht, ist klar, wo der Ball hinmuss. Aber wenn er sich irgendwo im Mittelfeld befindet, ist es schon gar nicht mehr so klar. Soll er den Ball behalten, soll er abgeben? Heikle Aufgabe.

**Cut 28:**

Es gibt Teams, die es geschafft haben, sowas wie einen Doppelpass zu machen. Also Freiburg hat vor, glaube ich, zwei Jahren, gab's da wirklich eine Szene, wo man sagt, oh toll. Das war wirklich irgendwie sowas wie ein Doppelpass. Das ist schwer zu sagen, inwieweit das geplant ist. Es ist sehr schwer zu erreichen.

**Autor:**

Daniel Polani engagiert sich bei den Robocup-Meisterschaften vor allem für diejenige Liga, die auf den ersten Blick am unspektakulärsten ist: Die Simulationsliga. Hier spielen keine realen Roboter gegeneinander, sondern die Spiele finden ausschließlich auf dem Bildschirm statt, bzw. auf einer großen Leinwand. Man blickt aus der Vogelperspektive auf ein virtuelles grünes Spielfeld, auf dem 22 virtuelle Spieler fußballspielen. Verglichen mit anderen effektvollen Computerspielen nicht sonderlich aufregend. Die Pointe ist aber: Es ist nicht ein Computerprogramm. Es sind 22 unabhängige Programme, die da miteinander spielen. Jeder Spieler auf dem grünen Feld wird durch ein eigenes sogenanntes Agenten-Programm gesteuert. Deshalb Simulationsliga: Hier wird tatsächlich die Situation der normalen Roboterfußballspiele nachgebildet: jeder Spieler handelt und entscheidet autonom.

**Cut 29:**

Jeder Agent, also jeder Spieler - 22 gibt es, 11 für jede Mannschaft - jeder Spieler ist ein Programm. Wichtig ist aber eben, das sind 22 unabhängige Programme, die dürfen sich nicht direkt unterhalten. Sondern wenn sie sich unterhalten, dann nur in sehr sehr begrenztem Maße, so wie man sich eben so einen Zuruf vorstellt. Zum zweiten ist es so, dass die Agenten auch verrauschte Informationen bekommen. Die Informationen sind nicht exakt und sind subjektiv noch dazu. Sachen, die näher dran sind, sieht man besser. Sachen, die weiter weg sind, sieht man schlechter. Und die Agenten müssen daraus

irgendwie rekonstruieren, wie ihre Welt wirklich aussieht. Vielleicht kann man sich so vorstellen, wie schwierig die Robocup-Simulations-Liga für diese Agenten ist. Also sie bekommen alle 150 Millisekunden ein Bild. Und alle 150 Millisekunden gehen praktisch, kriegen die ein Standbild. Das muss man sich vorstellen so wie ein Stroposkop in der Diskothek. Zusätzlich ist es auch noch verregnet. D. h. also, da schaut man noch zusätzlich durch eine verregnete Fensterscheibe. So kann man sich das vorstellen.

**Autor:**

In der Simulationsfußball-Welt braucht man sich nicht um Hardwareprobleme, um Sensoren oder Schussvorrichtungen zu kümmern, die Entwickler können sich ganz auf die Software konzentrieren. Letztlich, sagt Polani, zeige die Simulationsliga, wohin die Entwicklung der normalen Fußball-Roboter geht. Was auch darin zum Ausdruck kommt, dass es die einzige Liga im Roboterfußball ist, bei der man den Spielern bereits zumutet, sich mit den Tücken der Abseitsregel herumzuschlagen.

**Cut 30:**

Natürlich ist das langfristige Ziel, dass man in der Simulationsliga einfach Know-how sammelt, das man später dann auf richtige Roboter unterbringt. Im Moment ist es so, dass die realen Roboter noch so viel eigentlich mit Problemen, wie ich vorhin erzählt habe so mit natürlicher Intelligenz zu kämpfen haben, also erkennen von Objekten, nur das Erkennen, das Bewegen, das Auslenken, das Steuern, dass man einfach sagt, okay, in der Simulationsliga konzentriere ich mich darauf, wirklich Strategien zu entwickeln.

**Autor:**

Natürlich ist auch für Daniel Polani das Fußballspiel lediglich Mittel zum Zweck. Was die virtuellen Roboter im simulierten Fußballspiel leisten, könnte man auch auf ganz andere Zusammenhänge übertragen. An dieser Stelle kommen wieder die Katastrophen ins Spiel. Katastrophen kann man in einer realen Umgebung nur sehr eingeschränkt simulieren, vor allem dann nicht, wenn große Menschenmengen betroffen wären. Mit Multi-Agentensystemen dagegen lassen sich solche Katastrophen sehr wohl modellieren. Jeder Mensch wird in einem solchen Modell durch ein eigenes Computerprogramm – also einen eigenen Agenten, einen eigenen simulierten Roboter repräsentiert. Und wie im wirklichen Leben bekommt jeder dieser Agenten nur Informationen aus einem kleinen Ausschnitt der Welt und muss aufgrund dieser bruchstückhaften Information Entscheidungen fällen. Ein mögliches Anwendungsfeld für solche Multi-Agenten-Systeme ist die Architektur.

**Cut 31:**

Es gibt z. B. Panikforschung. Es geht darum z. B., Sie müssen jetzt eine neue Halle designen, und jetzt wollen Sie überlegen, kommen die Leute da weg oder nicht. Sie haben einen Raum, da tun Sie so Roboter, virtuelle Roboter rein, und jetzt zünden Sie ein Feuer an. Die

Roboter haben jetzt einprogrammiert gekriegt, dass die vor Feuer davon laufen. Wie es sich eben gehört. Und jetzt gibt's da auch paar Eingänge. Und die Frage ist, kommen die da gut raus oder verstopfen sie durch Panik diese Eingänge. Und das ist eine ganz konkrete Anwendung. Sie machen ein Fußballfeld, und Sie wollen sich überlegen, was passiert, wenn das zusammen bricht. Kommen die Leute da gut weg, oder werden sie feststecken und übereinander laufen. Es gibt noch sehr viele Beispiele dieser Art. Also Fluchtwege in Kaufhauszentren oder sowas wäre z. B. eine Anwendung.

**Autor:**

Und auch bei solchen Modellen kann man den einzelnen Agenten ja auch verschiedene Rollen zuschreiben. „Sozionik“ heißt das entsprechende Forschungsgebiet, das sich mit solchen Fragen beschäftigt. Soziologen und Künstliche-Intelligenz-Forscher wollen dabei gemeinsam, wie es heißt, „Modelle künstlicher Sozialität“ entwickeln. Indem sie Strukturen in der sozialen Welt studieren und versuchen, sie auf Systeme mit künstlicher Intelligenz zu übertragen. Das Ergebnis wären Agentensysteme mit sozialen Hierarchien, kulturellen Normen, Wertvorstellungen. In der Sozionik geht es aber auch um das künftige Zusammenleben von Menschen und Robotern bzw. überhaupt zwischen menschlicher und künstlicher Intelligenz. Die Forschungen stecken allerdings noch sehr in den Anfängen.

Sozionik, verteilte künstliche Intelligenz, Multi-Agentensysteme - Die kollektive Robotik scheint eine große Zukunft zu haben. Und geht man von den Ergebnissen der Robocup-Weltmeisterschaft aus, dann spielen deutsche Forscher hierbei in der ersten Reihe mit. Das Team von der Universität Freiburg ist amtierender Weltmeister in der sogenannten Middle Size Liga – hier spielen die derzeit größten Fußballroboter, sie gilt deshalb auch als Königsliga. In der Simulationsliga wiederum erreichte die Mannschaft der „Karlsruhe Brainstormers“, den Rang des Vizeweltmeisters. Das schöne bei diesen Meisterschaften ist aber: Den beteiligten Forschern geht es ähnlich wie ihren Geschöpfen. Sie sind zusammen an einem Ort und haben sich eine gemeinsame Aufgabe gestellt – die Robotik voranzutreiben. Dabei lebt jeder ein bisschen in seiner eigenen Welt – der eine denkt an Marsmissionen, der zweite an kommunizierende Autos, der dritte an elektronische Kanalarbeiter. Über die Spiele tauschen sie Erfahrungen aus. Jeder teilt dem anderen etwas von seiner persönlichen Sicht der Welt mit. Dies führt sie wiederum zu neuen Ideen und neuen Entscheidungen. Daraus entsteht eine Entwicklung – ein großes Spiel, wenn man so will - das der einzelne gar nicht mehr vollständig erfassen kann.

**Weitere Informationen über kollektive Robotik**

---

[an error occurred while processing this directive]