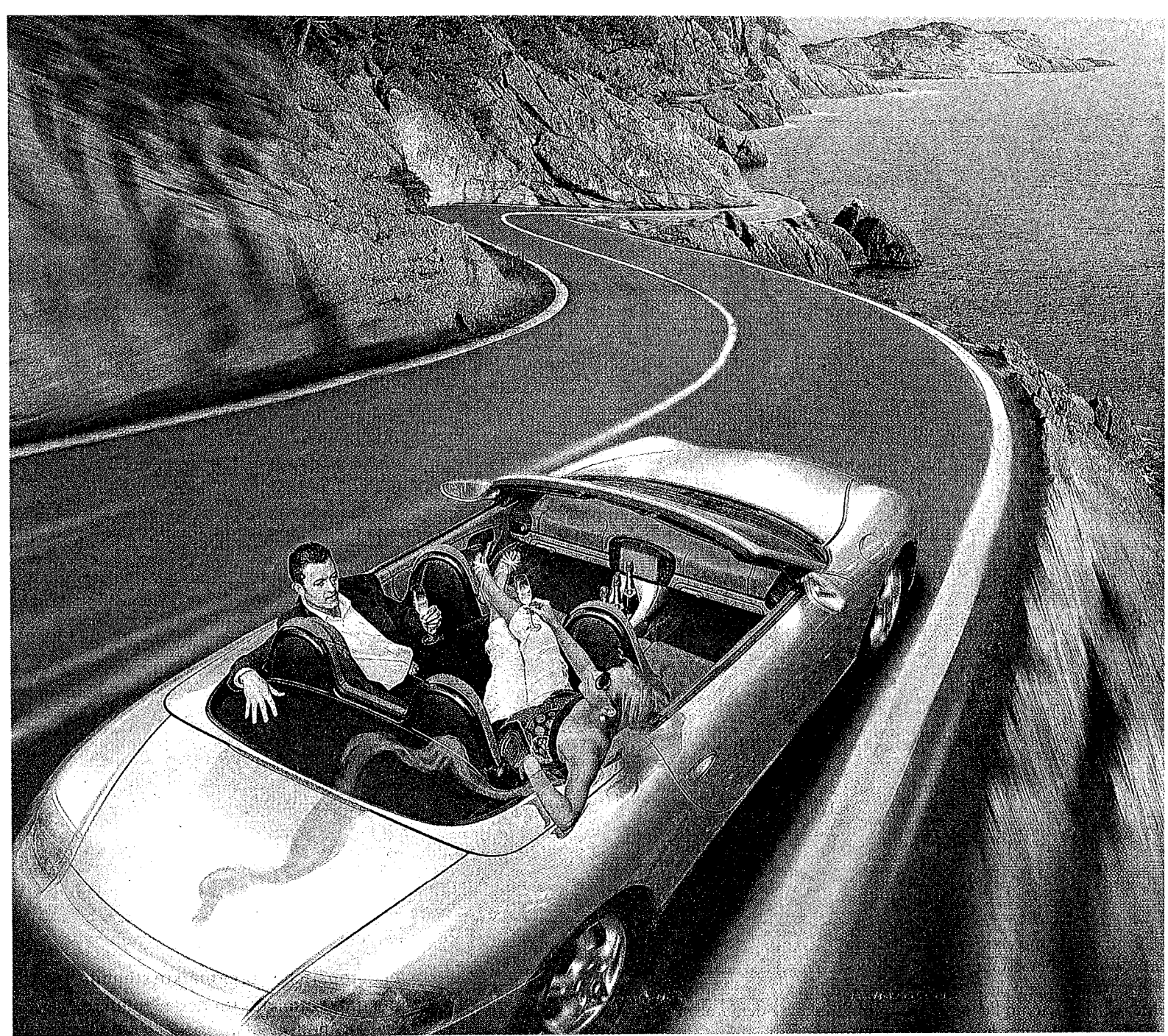


Intelligenz ans Steuer



Deutsche Forscher entwickeln das Auto, das sich selbst fährt. In dieser Woche stellen sie sich der weltweiten Konkurrenz **VON MARK SPÖRRLE**

Mark Simon ist sehr gelassen dafür, dass er gerade offensichtlich sein Leben riskiert. Denn der Platz hinter dem Steuer des Dodge Caravan, in dessen Passagiererraum Simon sitzt, ist leer. Und der Wagen beginnt auf einmal zu rollen, wird immer schneller, hält direkt auf eine Kurve zu. Noch könnte Simon reagieren, sich nach vorn werfen, nach dem Lenkrad greifen. Doch er tut nichts. Während der Minivan ganz korrekt von allein in die Kurve geht, beugt sich Simon seelenruhig über seinen Laptop.

Der Informatiker ist nicht lebensmüde, auch wenn es tatsächlich keinen Fahrer gibt. Denn das Auto fährt sich selbst. Vier Pentium-Prozessoren, stoßfest verschraubt im Kofferraum, steuern über eine spezielle Software Elektromotoren, die Gas, Bremse und Lenkung bedienen. 3-D-Laserscanner an den Stoßstangen, Videokameras auf dem Dach und ein GPS-Navigationssystem, das auf den Meter genau arbeitet, erfassen die Umgebung, melden dem Computerpiloten, wenn der Van die Fahrbahn zu verlassen droht, und warnen vor Hindernissen: Eine Baustellenabsperzung, auf der Fahrspur umfährt der Dodge souverän.

Nur das Blinken hat er vergessen. Sonst wirkt es fast, als könne der Van nun mühelos die eingezäunte Teststrecke in Berlin-Lichterfelde verlassen und Simon durch den einsetzenden Berufsverkehr nach Hause chauffieren. Ist Informatikern der Freien Universität Berlin endlich das gelungen, wovon nicht nur Technikfreaks träumen – ein intelligentes Auto? Eins, das ganz von selbst fährt, während der Fahrer schläft, fernsieht oder

nach ein paar Glas Rotwein beim Italiener selig die Arme verschränkt und auf Autopilot schaltet?

»Wir sind noch nicht ganz so weit«, lächelt Raúl Rojas, Leiter der Arbeitsgruppe Künstliche Intelligenz an der FU Berlin. *Spirit of Berlin*, so ambitioniert haben die Forscher des Fachbereichs Informatik ihren Van getauft, muss in den nächsten Monaten noch kräftig lernen: dass man auch schneller als 30 fahren kann. Was ein Stoppschild ist. Wie man sich verhält, wenn es noch andere Autos gibt, die sich obendrein, anders als Baustellenabsperzungen, unberechenbar bewegen. »Bis Ende des Jahres hat er das drauf«, sagt Rojas.

Wenn alles gut geht, soll *Spirit of Berlin* im November auf einem abgeschirmten, noch geheimen Militärgelände irgendwo in den USA beweisen, was er wirklich kann. Dann werden Forscherteams aus aller Welt ihre fahrerlosen Autos auf einem 60-Meilen-Parcours um die Wette fahren lassen, der mit Straßen, Kreuzungen und anderen Autos ziemlich realistisch städtischen Straßenverkehr simuliert. 58 Teams haben es gerade in die Vorrunde der Urban Challenge geschafft und müssen sich nun von Mitte Juni an bei Tests in den USA weiterqualifizieren. Darunter sind vier deutsche: neben Rojas' »Team Berlin« das Team »CarOLO« von der TU Braunschweig, das »Team-LUX« eines Herstellers für Lasertechnologie und das »Team Annie Way« vom deutschen Sonderforschungsbereich Kognitive Automobile.

SPiRiT OF BERLIN ist eines von vier deutschen Roboterautos im aktuellen Wettbewerb



Foto [M]: Bernd Wannemacher/Freie Universität Berlin

CLIFF musste 2004 aufgeben. Die Bremsen blockierten wegen eines Softwarefehlers

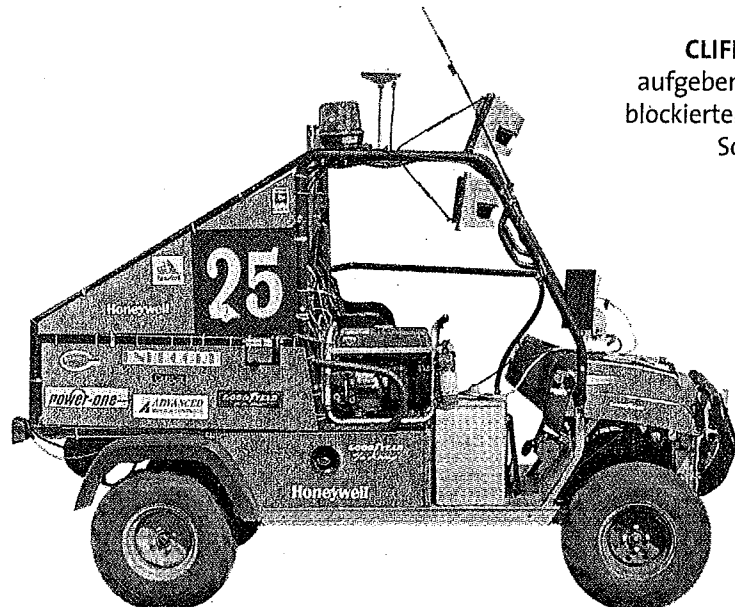


Foto [M]: Frederic Neema/Gamma/laif

Intelligenz ans Steuer

Fortsetzung von Seite 41

Veranstalter des Rennens ist die Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA), jene Forschungsabteilung des US-Verteidigungsministeriums, die sich heute vor allem der Bekämpfung des Terrorismus widmet, der die Welt unter anderem aber auch das Internet verdankt. Die Urban Challenge ist bereits der dritte DARPA-gesponserte Wettbewerb für Roboterbodenfahrzeuge ohne menschlichen Fahrer, und die US-Militärs haben bei Wissenschaftlern, Technologieherstellern und Autokonzernen einen wahren Forschungsboom angestoßen. »Das Wachstum in diesem Bereich ist phänomenal, und die Verbesserung der Fahrzeugfähigkeiten ist dramatisch«, sagt DARPA-Leiter Tony Tether.

Nicht nur wegen der ausgelobten Preisgelder in Höhe von insgesamt 3,5 Millionen US-Dollar für die schnellsten drei Selbstfahrer: Wer Ende des Jahres ein Fahrzeug mit überlegenen Fähigkeiten präsentieren könnte, eine Technik, die ohne den emotionalen, fehlerhaften menschlichen Fahrer auskäme, der brauchte sich um weltweites Interesse der Autoindustrie nicht zu sorgen.

Das Interesse des Veranstalters hat er jetzt schon: Die DARPA versuchte bereits in den siebziger Jahren, unbemannte militärische Landfahrzeuge zu entwickeln, ohne durchschlagenden Erfolg. Nach dem Beschluss des US-Kongresses, dass im Jahr 2015 ein Drittel aller US-Militärfahrzeuge ohne einen Menschen am Steuer fahren müsse, änderte die DARPA ihre Strategie. Im Jahr 2003 schrieb sie einen Wettbewerb aus: eine Million Dollar und Gespräche über die kommerzielle Umsetzung der Technologie für denjenigen, der es schafft, ein Fahrzeug zu konstruieren, das in der amerikanischen Wüste ohne menschliche Hilfe eine längere Strecke zurücklegen kann. Militärausrüsterfirmen, Roboterfreaks, Computerwissenschaftler und Künstliche-Intelligenz-Forscher lieferten sich ein viel beachtetes Forschungswettrennen.

Das Gefährt des **ENSCO** Teams flog 2004 schon auf der ersten Meile aus der Kurve

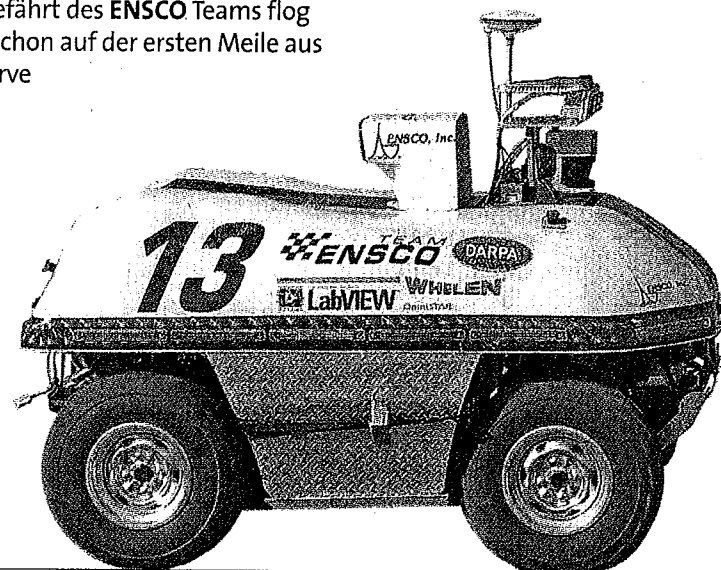


Foto [W]: Frederic Neema/Gamma/Studio X

Der **C1V1** von Rover – sieht aus wie ein Marsfahrzeug, kam aber 2004 auch nicht weit

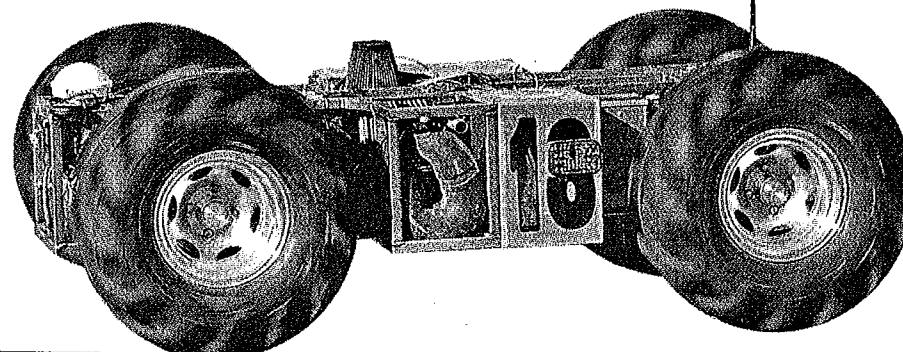
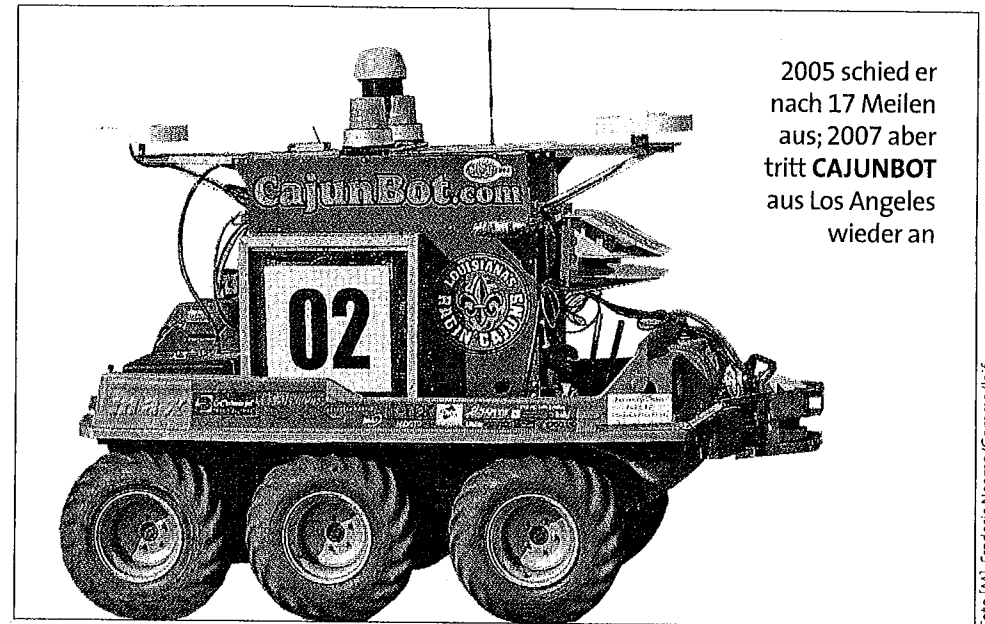


Foto [W]: Frederic Neema/Gamma/laif

Fahrerlose Autos oder solche, die sich so nennen, gibt es, seit in den späten siebziger Jahren in Japan ein Fahrzeug entwickelt wurde, das es schaffte, allein an einer weißen Linie entlangzufahren. 1987 ließ Ernst-Dieter Dickmanns, Professor für Steuer- und Regelungstechnik an der Universität der Bundeswehr in München, einen Mercedes-Transporter mit Höchstgeschwindigkeit über die gerade neu gebaute, noch gesperrte Autobahn nach Dingolfing donnern. Elektromotoren bedienten Gas und Lenkrad, eine Hydraulik betätigte die Bremse. Der Laderaum des Kastenwagens war voller Rechner zur Auswertung der Streckeninformationen, die eine Videokamera hinter der Windschutzscheibe lieferte.

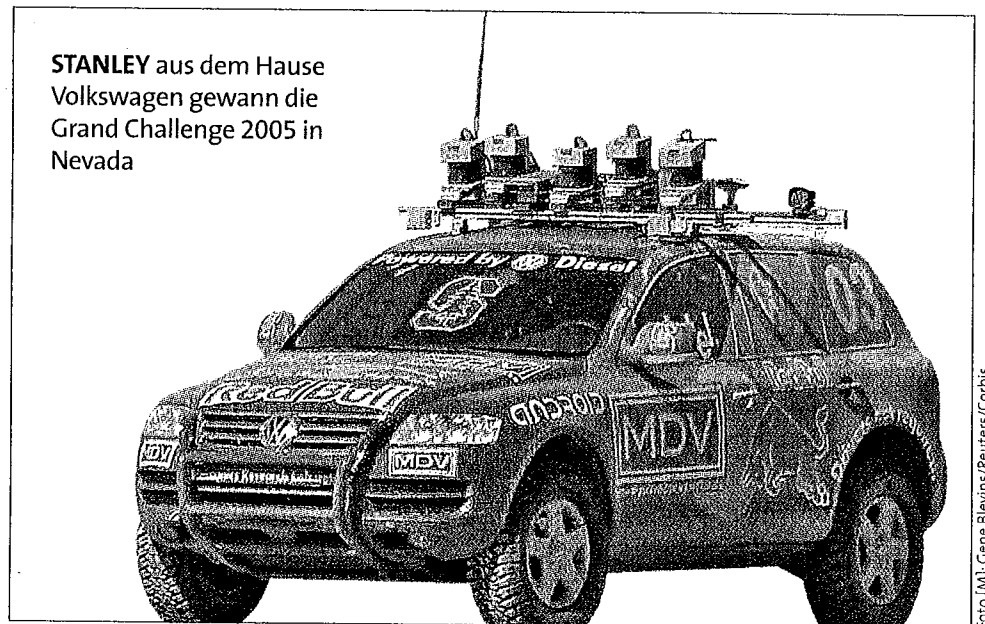
Auf dem Fahrersitz saß, die Hände auf den Knien, ein menschlicher »Sicherheitsfahrer«. Seine Mission: rechtzeitig einzugreifen, sobald etwas misslänge. Aber alles ging gut, 20 Kilometer lang. Im Herbst 1995 testete Dickmanns einen zweiten Prototyp auf einer befahrenen Autobahn. Ein Mercedes 500 SEL legte zwischen München und Kopenhagen insgesamt 1600 Kilometer zurück, teilweise mit rasanten 180 Stundenkilometern. Er absolvierte Überholmanöver und fuhr den größten Teil der Strecke ohne menschliche Hilfe.

In den Jahren danach kam die Forschung nicht viel weiter. »Auch heute noch ist das Hauptproblem das maschinelle Sehen«, sagt Raúl Rojas. Das Erfassen der Umwelt, das beim Menschen ganz mühelos über Linse und Netzhaut läuft, ist beim Roboterauto ein hoch komplizierter Vorgang. Die ideale Technik dafür gibt es noch nicht: Ultraschall eignet sich nur für sehr langsame Geschwindigkeiten; Radar arbeitet sehr gut bei schlechter Sicht, kann aber nur einen kleinen Bereich erfassen. Am liebsten würden die meisten Wissenschaftler nur



2005 schied er nach 17 Meilen aus; 2007 aber tritt **CAJUNBOT** aus Los Angeles wieder an

Foto [M]: Frederic Neema/Gamma/laif



STANLEY aus dem Hause Volkswagen gewann die Grand Challenge 2005 in Nevada

Foto [M]: Gene Blevins/Reuters/Corbis

mit Videokameras arbeiten, weil diese Bilder liefern, wie sie auch das menschliche Auge sieht, und so beispielsweise Verkehrsschilder lesen könnten. Allerdings kann man aus den Kamerabildern noch nicht genug Informationen über die Wegstrecke gewinnen. Am genauesten sind im Moment sogenannte *Light Detection and Ranging*-Systeme, die Laserstrahlen aussenden, die von der Umgebung reflektiert werden. Allerdings ist ihre Reichweite wiederum begrenzt.

Also arbeitet *Spirit of Berlin* mit zwei Systemen: Laser und Videokameras vermessen das Sichtfeld dreidimensional, Raumpunkt für Raumpunkt. Die Computersoftware setzt die Punkte wieder zu Objekten zusammen und muss sie anhand von abgespeicherten Mustern in Kategorien (Baum, Straße, Auto) einteilen. Erst dann kann der Computerpilot Situationen beurteilen.

Früher beschränkten sich Wissenschaftler mangels ausreichender Rechnerkapazitäten zwangsläufig auf einfachste Muster – eine Fahrspur ist dunkel und wird von weißen oder gelben Linien begrenzt, ein Auto ist groß und kastenförmig. So konnte man auf Autobahnen ganz gut dahinjagen, sobald aber eine Linie fehlte oder eine Baustelle kam, wurde es problematisch; im Stadtverkehr zu fahren wäre ein Fiasko gewesen.

Bei den Kapazitäten der heutigen Rechner können die Wissenschaftler detailliertere Schablonen abspeichern – ein Auto, so viel »weiß« der Computer, ist beispielsweise breiter als ein Motorrad, hat ein Nummernschild und Rücklichter. Doch sämtliche von »künstlichen Augen« in unzähligen Raumpunkten erfassten Informationen zu verarbeiten würde immer noch zu lange dauern.

»Beim Autofahren kann man in Echtzeit unmöglich alles durchrechnen«, sagt Sebastian Thrun. »Also braucht man Abkürzungen.« Thrun, Deutscher und Professor für Künstliche Intelligenz an der Stanford-Universität, wurde zum Star der zweiten Grand Challenge im Oktober 2005. Das Rennen, die DARPA hatte das ausgelobte Preisgeld auf zwei Millionen Dollar verdoppelt, war im Vergleich zum ersten ein voller Erfolg: Immerhin vier von insgesamt 23 gestarteten Roboterautos kamen tatsächlich ins Ziel.

Sieger wurde wieder nicht *Sandstorm* – obwohl das Team aus Pittsburgh diesmal mit gleich zwei Hummer-Vehikeln angetreten war. Das 132-Meilen-Rennen über Schotter, Sand, Brücken und Passstraßen gewann der VW Touareg *Stanley*, den Sebastian Thrun zusammen mit dem Volkswagen-eigenen Electronics Research Laboratory in Palo Alto umgebaut hatte.

Laserdetektoren, Videofarbkameras und Radaranlagen halfen Stanley beim Fahren. Vor allem aber hatte Thrun dem Wagen beigebracht, ein bisschen so zu fahren wie ein Mensch: mit Wahrscheinlichkeitsannahmen und Erfahrungswerten. Weil die Fahrstrecke größtenteils eine Piste war, musste *Stanley* mit 3-D-Laserscannern den Untergrund abtasten, um zu erkennen, wo keine Gräben oder Felsbrocken drohten. Aber die Laserreichweite von etwa 80 Metern hätte allein nicht ausgereicht, um in der vorgegebenen Mindestgeschwindigkeit ans Ziel zu kommen. Also »lernten« die Kameras mit Hilfe der Daten der Laserscanner, die Fahrspur anhand sich wiederholender Farbmuster auch in größeren Entfernungen zu erkennen. *Stanley* konnte mehr Gas geben.

Schon vorher hatte Thrun das Auto von menschlichen Fahrgewohnheiten abgucken lassen, *machine learning* nennt er das. »Man lässt einen Menschen längere Strecken mit dem Auto fahren, und der Computer errechnet währenddessen statistische Werte: Wie schnell fährt man denn auf so einer Straße?« Wenn dann wieder der Computer fährt, »weiß« er, welcher Feldweg, welche Piste in der Regel 20 oder 30 Stundenkilometer verträgt. In der Regel – kommt dann doch etwas Unvorhergesehenes, kann es fatal enden, wenn der Computerpilot sich an die Statistik hält und stur weiterfährt.

»Die zweite große Herausforderung ist es, ein fahrerloses Auto die richtigen Schlüsse ziehen zu lassen«, sagt Christoph Stiller, Ingenieur und Professor an der Universität Karlsruhe. »Für uns ist klar: Wenn ein Kind am Straßenrand steht, sind wir sehr vorsichtig, anders als bei einem Erwachsenen. Eine solche Schlussfolgerung ist für einen Computer aber unglaublich schwer.«

Bei der Urban Challenge im November werden in den nachgebauten Straßen noch keine Menschen herumlaufen, die DARPA möchte kein Risiko eingehen. Situationen, in denen die Software blitzschnell eine Entscheidung treffen muss, wird es aber genug geben. Stiller ist Sprecher des deutschen Sonderforschungsbereichs Kognitive Automobile. Die beteiligten Wissenschaftler wollen im DARPA-Wettbewerb einen umgebauten Passat Variant mitfahren lassen. Der Sonderforschungsbereich widmet sich seit Anfang 2006 der Frage, wie fahrerlose Autos komplexe Situationen korrekt einschätzen und richtig reagieren können. Ganz egal, ob ein solches Fahrzeug abbiegen muss, ein Fußgänger vor ihm die Fahrbahn überquert oder ein anderes Fahrzeug hupend auf es zurast – was es macht, muss »überlegt« sein. »Es rechnet blitzschnell die verschiedenen Möglichkeiten durch«, erläutert Stiller, »und entscheidet sich für die nach den Regeln sinnvollste.« Wenn Intelligenz bedeute, Schlüsse zu ziehen und sich angemessen zu verhalten, »dann wird ein solches Auto zunehmend intelligent handeln können«, sagt Stiller.

Der Computerpilot soll irgendwann in der Lage sein, sich seine Regeln selbst zu erarbeiten. Und in Zukunft, stellt man sich beim Sonderforschungsbereich Kognitive Automobile vor, können die Autos auf unseren Straßen selbstständig miteinander kommunizieren und untereinander ausmachen, wer Vorfahrt hat und wer warten muss. »Das heißt, man wird den größten Teil der menschlichen Fehler ausbügeln können«, sagt Professor Stiller.

In 20, 30 Jahren könnte man es damit schaffen, die Zahl der Verkehrsunfälle drastisch zu reduzieren; allein in Deutschland fordern über zwei Millionen Unfälle jährlich 5000 Tote und verursachen geschätzte Kosten in Höhe von 30 Milliarden Euro. Nebenbei könnten selbstständig fahrende, miteinander kommunizierende Autos den Verkehrsfluss verbessern und helfen, den Bau neuer Straßen zu vermeiden, weil sie weniger Sicherheitsabstand benötigen. Und diese Konvoi- und Windschattenfahrten wiederum könnten Energie sparen, zwischen 10 und 15 Prozent pro Fahrzeug, errechnete man an der Universität von Kalifornien in Berkeley.

Christoph Stiller vermutet, dass der technische Fortschritt erst einmal dazu dienen wird, den Unsicherheitsfaktor Mensch in kritischen Situationen zu unterstützen: »Wo der Mensch überfordert ist, übernimmt innerhalb von Millisekunden der Computer.« Denn es ist durchaus fraglich, ob die Gesellschaft es in absehbarer Zeit wagen wird, dem Menschen um des Gemeinwohls willen das Lenkrad komplett aus der Hand zu nehmen. Das ist nicht nur aus psychologischen, sondern auch aus juristischen Gründen umstritten: Wer ist schuld bei einem Unfall – der Computer? Schließlich geht es um nichts Geringeres als die für viele Autofahrer so wichtige Freiheit am Steuer. »Also um das Recht«, spitzt es Sebastian Thrun zu, »betrunken Unfälle zu bauen und sich und andere unglücklich zu machen.«