



Viel gewonnen

auf der DARPA  
Urban Challenge



Elf von ursprünglich hundert teilnehmenden Teams schafften es, in das Finale der DARPA Urban Challenge 2007 zu kommen. Das Sieger-Team und drei weitere Finalisten entwickelten mit dSPACE die Regelungssysteme ihrer Fahrzeuge, darunter zwei deutsche Roboterfahrzeuge.

Das Rennen vom 3. November 2007 war der dritte Wettbewerb, den die amerikanische DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) im Rahmen des Programms zur Förderung der Entwicklung autonomer Fahrzeuge veranstaltet hat. Im Unterschied zu den beiden vorherigen Rennen, bei denen die Roboterfahrzeuge durch die Wüste fuhren, fand das Finale nun in bebautem Gebiet statt. In weniger als 6 Stunden sollten die Teams einen knapp 100 km langen vorgegebenen Parcours durch die Stadtkulisse der ehemaligen Luftwaffenbasis „George Air Force Base“ im kalifornischen Victorville zurücklegen, rund 160 km nördlich von Los Angeles. Die Fahrzeuge mussten sich in den fließenden Verkehr einordnen, Verkehrsregeln beachten, Hindernissen ausweichen und bei blockierten

Straßen eine neue Route zum Ziel planen. Um möglichst realistische Straßenverhältnisse nachzubilden und den normalen Stadtverkehr zu simulieren, waren zusätzlich 50 Autos der DARPA mit Stunt-Fahrern auf dem Gelände unterwegs.

Alle teilnehmenden Teams der DARPA Urban Challenge haben gezeigt, dass autonomes Fahren möglich ist. Sie haben in rasanter Geschwindigkeit entsprechende Fahrzeuge entwickelt. Die Weiterentwicklung der Fahrerassistenzsysteme stand dabei im Vordergrund.

#### Erfolgreiche Teams mit dSPACE im Einsatz

Neben dem Sieger-Team „Tartan Racing“ der Carnegie Mellon University, Pennsylvania (USA), hatten drei

weitere Teams dSPACE im Einsatz: Team AnnieWay, Universität Karlsruhe; Team CarOLO, TU Braunschweig; Team Oshkosh Truck, Wisconsin (USA).

#### Team CarOLO, TU Braunschweig

Das interdisziplinäre Team CarOLO der TU Braunschweig setzt sich aus fünf Instituten der Informatik, der Elektrotechnik und des Maschinenbaus zusammen, darunter sechs Professoren, zehn wissenschaftliche Mitarbeiter und 20 Studenten. Wissenschaftliche Mitarbeiter entwarfen, konstruierten, implementierten, testeten und optimierten zusammen mit Studenten der beteiligten Studiengänge das Konzept und die Software für das autonome Fahrzeug „Caroline“. Der Aufbau des Fahrzeugs basiert auf einem VW Passat, der mit spezieller Sensorik



wie etwa mehreren Laserscannern, Kameras, Radar- und LIDAR-Sensoren ausgestattet ist, um seine Umwelt zu erkennen. Zusätzlich kommt ein Hochleistungs-GPS-Empfänger zum Einsatz, der eine präzise Klärung der aktuellen Lage des Fahrzeugs erlaubt. Das Team setzte die dSPACE MicroAutoBox als Entwicklungstool für die Regelung (Querdynamik und Längsdynamik) ein. In Form von Rapid-Prototyping war so die schnelle Evaluierung unterschiedlicher Regelungsalgorithmen möglich. Innerhalb eines Jahres stellte das Team das Projekt auf die Beine. Der Wettbewerb war mehrstufig gegliedert. Die erste größere Prüfung war der sogenannte SiteVisit, eine Art Viertelfinale. Dazu war das Team bereits im Juni 2007 für knapp vier Wochen nach San Antonio, Texas, aufgebrochen, um dort intensiv am South West Research Institute für die Prüfung zu testen. Am Tage des SiteVisits selbst galt es, unterschiedliche Tests auf einem Rundkurs zu bestehen.

*Jörn Marten Wille war im Team CarOLO der TU Braunschweig als Projektleiter für den Entwicklungsbereich Fahrzeugführung (Längs-, Querregelung und Trajektorien-generierung) zuständig.*

„Innerhalb von eineinhalb Jahren ist es gelungen, einen handelsüblichen Passat zu einem automobilen Roboter umzurüsten.“

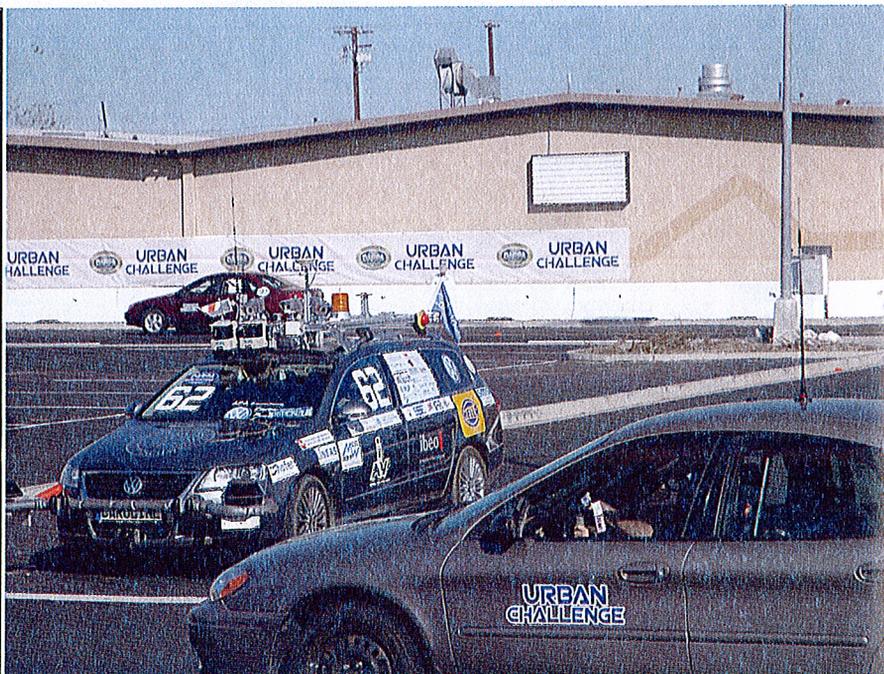
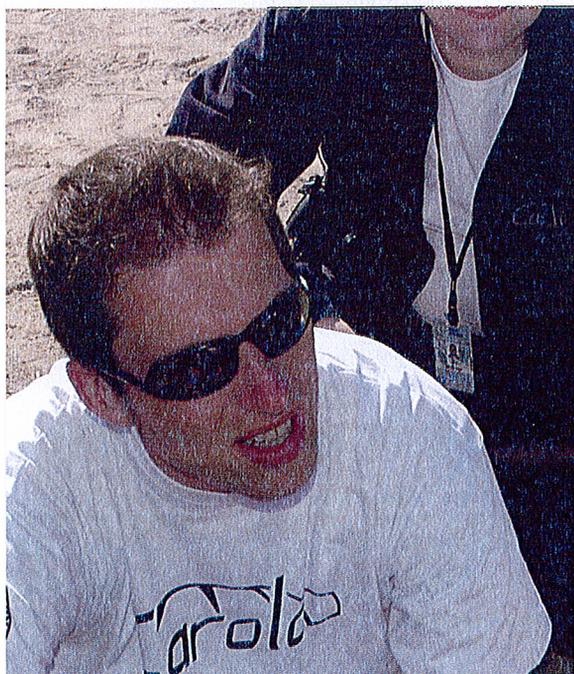
*Jörn Marten Wille, Team CarOLO, TU Braunschweig*

Für die weitere Entwicklungsarbeit am Fahrzeug hatte sich das Team im Anschluss wieder nach Deutschland begeben. Ungefähr fünf Wochen vor dem eigentlichen Wettbewerb Ende Oktober 2007 flog das Team zunächst erneut nach San Antonio, um abschließende Tests durchzuführen. Wenige Tage vor Beginn des National Qualification Event (einer Art Halbfinale) brach das Team schließlich nach Victorville, Kalifornien, auf. Über mehrere Tage mussten sich die Teams dort auf unbekanntem Gelände den Tests der DARPA-Juroren stellen. Von ursprünglich über 100 gemeldeten Teams waren im Halbfinale nur noch 36 Teams vertreten. Elf wurden schließlich ins Finale

eingeladen, das am 3. November 2007 stattfand.

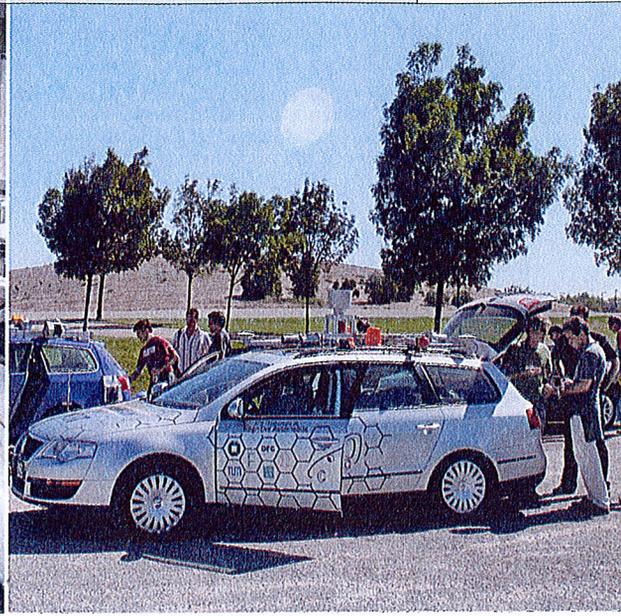
Das Know-how, das das Team bei der Entwicklung von „Caroline“ gewonnen hat, fließt in ein Folgeprojekt, das unter der Leitung des Instituts für Regelungstechnik in Kooperation mit dem Institut für Flugzeugführung und dem Institut für Betriebssysteme und Rechnerarchitekturen durchgeführt wird. „Caroline“ dient weiterhin als Technologieträger für das neue autonome Fahrzeug und zur weiteren Erforschung des autonomen Fahrens im Stadtverkehr. Es wird allerdings voraussichtlich noch viele Jahre dauern, bis dieses Szenario wirklich beherrscht wird. Die Urban Challenge

*Das autonome Fahrzeug „Caroline“ trifft während des Rennens auf eines von 50 Autos der DARPA, die mit Stunt-Fahrern auf dem Gelände unterwegs waren, um ein möglichst realistisches Verkehrsszenario nachzubilden.*





Moritz Werling vom Team AnnieWAY der Universität Karlsruhe. Werling war bei der DARPA Urban Challenge für den Bereich Fahrzeugregelung zuständig.



Roboterauto AnnieWAY mit seinem Trainingskollegen Stanley der Stanford University in Palo Alto, nahe San Francisco.

war schon ein großer Schritt in die richtige Richtung, aber gleichzeitig auch nur ein stark vereinfachtes Szenario im Vergleich zu den Verkehrsverhältnissen einer realen Stadt.

#### **Team AnnieWAY, Universität Karlsruhe**

AnnieWAY ist ein Gemeinschaftsteam, das sich aus Mitgliedern des SFB (Sonderforschungsbereich) TR28 „Kognitive Automobile“ unter

Leitung der Universität Karlsruhe sowie aus Forschern der TU München, der Universität der Bundeswehr München und des Fraunhofer Instituts für Informations- und Datenverarbeitung Karlsruhe zusammensetzt. Das fahrerlose Fahrzeug ist ein VW Passat. Für die Entwicklung der Fahrzeugregelung des Roboterautos kam die dSPACE AutoBox zum Einsatz. Sie bekommt vom Hauptrechner über UDP (User Datagram Protocol) die Soll-Trajektorie,

der das Fahrzeug folgen soll, und Blinkerkommandos. Die Stabilisierung entlang der Trajektorie übernimmt dann der in C implementierte Regler auf der AutoBox, der die aktuelle Position mit der gewünschten vergleicht. Die Position wiederum liefert ein Koppelnavigationsgerät, das über CAN (DS4302 CAN Interface Board) mit der AutoBox verbunden ist. Zuletzt werden die Reglerstellgrößen für Lenkrad, Gas und Bremse über CAN an den

„Mein Adrenalinpiegel schnellte immer noch in die Höhe, sobald ich die Sirene unseres Autos im Video höre. Es hat mich während des Wettkampfes jedes Mal richtig Überwindung gekostet, das Auto ‚scharf‘ zu machen, um es dann zu verlassen und darauf zu warten, dass es von allein losfährt. Beim Testen war nämlich grundsätzlich ein Sicherheitsfahrer hinter dem Steuer. Umso schlimmer, wenn dann das Fahrzeug auch noch aus dem Sichtfeld verschwunden war. Die Erleichterung des Teams in dem Moment, als unser AnnieWAY erfolgreich den Weg durch den Parcours gefunden hatte und um die Kurve bog, kann man sich gar nicht vorstellen.“

Moritz Werling, Team AnnieWAY, Universität Karlsruhe

umgerüsteten Passat gesendet. Zur Betätigung der Gangschaltung, zum Ein-/Ausschalten von Laserscannern, Warnlichtern, Sirene und Status-LEDs sowie zum Lesen des DARPA-Notaus-Status werden digitale I/Os (DS4002 Timing and Digital I/O Board) genutzt.

Die Vorteile dieses Systems sind:

- Erfüllung harter Echtzeitanforderungen, auch bei nicht echtzeitfähigem PC
- Implementierung von Sicherheits-Features direkt auf der zuverlässigen AutoBox (Notaus)
- Entkopplung von Trajektorienplanung und Regelung

Der Wettkampf hat die Arbeiten um das fahrerlose Fahrzeug zweifellos enorm vorangetrieben, stellte jedoch genau genommen nur einen Nebenschauplatz dar. Die eigentlichen Ziele im Sonderforschungsbereich TR28 (<http://www.kognimobil.org>) sind höher gesteckt, liegen aber noch weit in der Ferne. So sollen in der Zukunft Fahrzeuge ohne Vorabinformationen über die Umgebung auskommen. Eine detaillierte Karte des Straßennetzes, wie sie von den Fahrzeugen in der Urban Challenge genutzt wird, ist dann vielleicht gar nicht mehr nötig. Eine Kreuzung könnte dann als solche wahrgenommen werden, sobald sich das Fahrzeug ihr nähert und sie mit seinen Sensoren erfasst. Auch ein Informationsaustausch zwischen den Fahrzeugen ist denkbar. ■

## Team Oshkosh Truck, Wisconsin, USA

„Im Kern bestanden wir aus drei Arbeitsgruppen – Oshkosh Truck, Wisconsin (Hauptsitz der Firma Oshkosh), Teledyne, Kalifornien, und der italienischen Universität Parma mit dem VisLab (Labor für künstliches Sehen und intelligente Systeme). Um das System zu entwickeln und zu testen, waren wöchentliche Telefonkonferenzen und viele Stippvisiten in die USA notwendig. Die Zusammenarbeit war äußerst erfolgreich und sehr gut koordiniert. Natürlich gab es auch kritische und sehr aufregende Situationen. Zum Beispiel konnten wir das System erst in der Nacht vor dem Rennen testen. Wie wohl jedes andere Team hatten auch wir einen straffen Zeitplan, der uns nicht für alles, was wir entwarfen und umsetzten, die notwendige Zeit einräumte. So konnten wir aufgrund mangelnder Testzeit zum Beispiel nicht das ganze Sichtpotenzial der vier von uns entwickelten Systeme einsetzen, sondern leider nur zwei. Oshkosh ist tatsächlich daran

interessiert, diese Technologien in ihren Fahrzeugen einzusetzen. Für Oshkosh und VisLab war die Urban Challenge mehr als nur ein Rennen. Wir sehen darum durchaus vielseitige Möglichkeiten, diese Technologien in realen Fahrzeugen nachzurüsten. Und das haben wir auch bereits getan: Schon nach dem Rennen DARPA Grand Challenge im Januar 2006 zeigten wir ein PLS (Palletised Load System)-Fahrzeug, das autonom sein Ziel erreichte, die Fracht ablad und wieder zurückfuhr.“



„Die ganze Veranstaltung war großartig! Eine tolle Erfahrung, auch wenn unser Fahrzeug das Ziel nicht erreichte wie zwei Jahre zuvor bei der DARPA Grand Challenge. Wir haben viel daraus und aus vorangegangenen Erfahrungen gelernt: Obwohl wir bereits 15 Jahre im Bereich autonomer Fahrzeuge arbeiten, konnten wir unsere Systeme in Bezug auf Robustheit und Wartung noch verbessern.“

*Prof. Alberto Broggi, Team Oshkosh Truck, Universität Parma, Italien*



*Prof. Alberto Broggi war innerhalb des VisLab-Teams verantwortlich für Oshkosh Truck. Seine Gruppe beschäftigte sich hauptsächlich mit dem Erfassen der Umgebung. Dafür setzte sie Videokameras und eine Kombination aus Sicht und Laser ein.*

*Der Oshkosh Truck navigiert sich durch die Straßen.*