

## Informationen zur Presse-Vorführung am 23. April 2010

### Die Software: EyeDriver

Die *eyeDriver*-Software ist eine prototypische Anwendung zur Steuerung des Forscherfahrzeugs *Spirit of Berlin* (s.u.) mittels Augenbewegungen, die von Informatikern der *Freien Universität Berlin* in Zusammenarbeit mit der Firma *SMI (SensoMotoric Instruments)* entwickelt wurde. Die Augenbewegungen des Fahrers werden erfasst und in Steuersignale für das Lenkrad umgewandelt. Die Geschwindigkeitssteuerung erfolgt separat und ist nicht Teil von *eyeDriver*. Die Software zeigt, dass man ein Fahrzeug allein mit Augenbewegungen lenken kann.

Zum Erfassen und Verfolgen der Augenbewegung wird die HED4 - Lösung der Firma *SMI* verwendet. Dabei handelt es sich um einen umgerüsteten Fahrradhelm mit zwei Kameras und einer Infrarot-LED sowie einem Laptop-Computer mit spezieller Software. Während eine der beiden Kameras nach vorne ausgerichtet ist und damit die Perspektive des Helmträgers hat ('Szenenkamera'), dient die andere Kamera dazu, ein Auge des Trägers zu filmen ('Augenkamera'). Das Infrarotlicht dient zur Unterstützung der Augenkamera und ist auf das zu beobachtende Auge ausgerichtet. Um einen günstigen Betrachtungswinkel für die Augenkamera zu ermöglichen ohne die Sicht des Trägers zu beschränken, wird ein transparenter Spiegel verwendet, der lediglich das Infrarotlicht reflektiert.

Nach einer kurzen Kalibrierung ist die Software auf dem Laptop des HED4 nicht nur in der Lage, die Position der Pupille in der Augenkamera zu erfassen, sondern kann auch berechnen, an welche Stelle in der Szenenkamera der Träger momentan schaut. Diese Koordinaten im Bild der Szenenkamera (Blickposition) werden über ein gewöhnliches LAN an den Bordcomputer im *Spirit of Berlin* übertragen.

Die *eyeDriver*-Software auf dem Computer an Bord von *Spirit of Berlin* empfängt die Blickpositionen in regelmäßigen Abständen über das LAN im Fahrzeug und verwendet sie zur Steuerung des Lenkrades. Dabei kann zwischen zwei Modi gewählt werden: 'Freie Fahrt' und 'Wegewahl'.

- Im Modus 'Freie Fahrt' werden die Blickpositionen direkt mit dem Lenkrad-Motor gekoppelt. Das bedeutet, dass die x-Koordinate der Blickposition verwendet wird, um die gewünschte Position des Lenkrades zu berechnen. Je weiter der Blick des Fahrers also nach links bzw. rechts wandert, desto weiter dreht sich auch das Lenkrad in die entsprechende Richtung. Die Geschwindigkeit des Fahrzeuges wird vorab eingestellt und konstant gehalten, solange die Position des Blickes erfasst wird. Sollte einmal nicht erkannt werden, wohin der Fahrer blickt, z.B. weil er die Augen schließt, so bremst das Fahrzeug zur Sicherheit automatisch ab.
- Im Modus 'Wegewahl' dagegen steuert *Spirit of Berlin* die meiste Zeit selbst, fährt also autonom. Lediglich an Weggabelungen, wie z.B. Kreuzungen, hält das Fahrzeug an und bittet den Fahrer mittels Sprachausgabe darum, die nächste Route zu bestimmen. Dafür muss der Träger des Helms für drei Sekunden nach links bzw. rechts blicken. Verweilt sein Blick lange genug in einer Richtung, wird ihm von der *eyeDriver*-Software akustisch bestätigt, dass die Wahl akzeptiert wurde. Die getroffene Entscheidung wird dem Fahrplaner im Fahrzeug mitgeteilt. Daraufhin kann die künstliche Intelligenz im *Spirit of Berlin* die weitere Route entsprechend planen und die Fahrt autonom fortsetzen.

### Das Projekt: Autonome Fahrzeuge

Prof. Dr. Raúl Rojas ist Professor für Künstliche Intelligenz am Institut für Informatik der Freien Universität Berlin. Bekannt wurde er durch internationale Erfolge mit seinen Fußballrobotern, den "FU-Fighters". Sie sind zweifacher Weltmeister der Smallsize League. Seit 2006 entwickelt Prof. Rojas mit seinem Team Technologien rund um das Thema „Autonome Fahrzeuge“. Dabei entstand unter anderem das Forscherfahrzeug *Spirit of Berlin*, mit dem Rojas erfolgreich das Semi-Finale der DARPA Urban Challenge 2007 in Kalifornien erreichte.

Aufbauend auf dem Testfahrzeug entwickelten die Informatiker Tinosch Ganjineh und Miao Wang im Herbst 2009 in der Reihe *„innovative Fahrzeugsteuerungen“* den *iDriver*, der die Fernsteuerung des Forscherfahrzeug über ein iPhone ermöglicht. Diese Reihe ergänzt nun die Software *EyeDriver*. Sie wurde primär von Miao Wang und David Latotzky in Zusammenarbeit mit der Firma SMI entwickelt. Bei diesen beiden Entwicklungen handelt es sich lediglich um Teilprojekte, den Kern der Forschung stellt weiterhin das autonome Fahren dar.

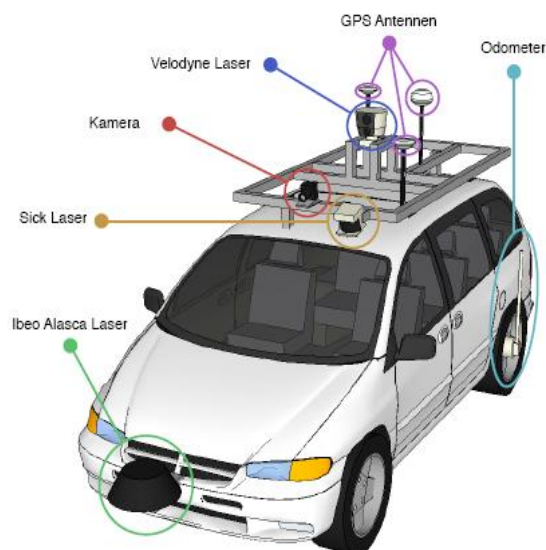
## Das Projekt: AutoNOMOS

Seit November 2010 arbeitet das Team von Prof. Rojas an der Weiterentwicklung von Autonomie- und Fahrerassistenzsystemen im Projekt *AutoNOMOS* unter der Leitung von Tinosch Ganjineh. Das Projekt ist Teil des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Programms „Forschung für den Markt im Team“ (ForMaT) und hat eine Laufzeit von zwei Jahren. Das Projekt soll einen entscheidenden Beitrag zur Entwicklung einer unfallfreien, effizienten und umweltgerechten Mobilität leisten. *AutoNOMOS* ist eine Art Baukastensystem von Autonomie- und Fahrerassistenzfunktionen mit Komponenten der Laser- und Kamerasensorik, satellitenbasierter Navigation und Verfahren für autonomes und vorausschauendes kognitives Fahrverhalten. Die Funktionen werden so entwickelt, dass sie für unterschiedliche Fahrzeugtypen (Pkw, Lkw, Sonderfahrzeuge) konfigurierbar sind und bezüglich ihrer Leistung und ihrer Anwendungsbereiche skaliert werden können. Mithilfe von *AutoNOMOS* können drohende Gefahren auf Straßen, Autobahnen und Kreuzungen (Spurwechsel, Staus, Vorfahrtsregeln) frühzeitig erkannt und Unfälle vermieden werden.

Bei entsprechender Technologiereife soll das System zunächst schrittweise auf Privatgeländen und schließlich im öffentlichen Verkehr eingeführt werden.

## Das Fahrzeug: Spirit of Berlin

*Spirit of Berlin* ist ein autonomes Fahrzeug welches von der AG Künstliche Intelligenz seit 2007 an der Freien Universität Berlin konzipiert und realisiert wird. Dabei handelt es sich um ein selbstständig fahrendes, führerloses Auto. Um dies zu ermöglichen, wurde ein konventioneller PKW ( Dodge Grand Caravan, 2000 ) zusätzlich mit Sensoren, Computern und Aktoren ausgestattet. Die Sensoren erfüllen dabei die Aufgabe, Informationen über die unmittelbare Umgebung zu sammeln und sind damit für die *Wahrnehmung* verantwortlich. Aufbauend auf diesem Wissen, trifft die Software auf den Computern die eigentliche *Entscheidung*, was zu tun ist. Die daraus resultierende *Aktion* wird dann mit Hilfe der Aktoren mechanisch umgesetzt. Für das bessere Verständnis wird diese dreistufige Architektur genauer beschrieben und die Hard- und Softwarekomponenten des *Spirit of Berlin* vorgestellt.



## 1) Wahrnehmung mit Sensoren

Die Umgebungswahrnehmung beim Menschen erfolgt über seine Sinnesorgane. Da ein Computer nicht über solche verfügt, werden diese durch Sensoren nachgebildet. Doch bevor die unmittelbare Umgebung des Autos beobachtet wird, gilt es erst einmal, die eigene Position in der Welt zu ermitteln. Diese ist für die Orientierung und das Ansteuern von Zielen unabdinglich. Diese wird mit Hilfe eines Positionsbestimmungssystems ermöglicht.

### Positionierungssystem

Hierbei kommt ein Applanix POS LV 220 System zum Einsatz, welches sich aus einem hochpräzisen GPS-Empfänger, einem Odometer (Wegmesser) und einer Inertialen Meßeinheit (Inertial Measurement Unit) zusammensetzt. Dadurch lässt sich die Position, bei ausbleibendem GPS-Signal, weiterhin extrapolieren. Selbst nach zwei minütigem Ausfall (z.B. durch Tunnel oder Häuserschluchten) kann dann immer noch eine Genauigkeit von  $\pm 1\text{m}$  erreicht werden.



### Computervision

Menschen nehmen ihre Umwelt in erster Linie über ihre Augen wahr. Das von der Umgebung reflektierte Licht, erzeugt auf der Netzhaut ein Abbild dieser. Da es sich bei Kameras um sehr preiswerte und kleine Sensoren handelt, werden diese sehr häufig zur Umgebungswahrnehmung eingesetzt. Obwohl immer eine feste Sequenz von Kameradaten aufgezeichnet wird, ergeben sich durch die verschiedenen Bildverarbeitungsschritte die verschiedensten Anwendungsgebiete. So können z.B. über die Berechnung des optischen Flusses Informationen zur Bewegung extrahiert werden. Vordefinierte Features erlauben es mit Hilfe von Mustererkennungsalgorithmen, bestimmte Objekte (z.B. Autos) auf Bildern zu klassifizieren und ausfindig zu machen. Bei *Spirit of Berlin* wurde Computer Vision in erster Linie zum Auffinden von Fahrbahnmarkierungen verwendet. Dazu wurde eine Kamera an der Frontscheibe befestigt und leicht auf die Fahrbahn geneigt. Wenn keinerlei Markierungen auf der Fahrbahn erkennbar sind, kann die Kamera auch zum Segmentieren der Straße verwendet werden. Diese Informationen erlauben es, den Verlauf der Straße nachzuvollziehen, sie fließen mit in die Korrektur des Straßenverlaufs ein.



### Laserscanner/LIDAR

Zur Objekterkennung nutzt *Spirit of Berlin* die LIDAR-Technologie (Light Detection And Ranging). Diese beschreibt eine Methode zur Entfernungsmessung, die auf dem Aussenden von LASER-Impulsen (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) und Messen der Laufzeit der zurückgeworfenen Signale basiert. Die Genauigkeit befindet sich je nach Qualität des Sensors im wenigen Zentimeter- bis Millimeterbereich. Da es sich bei Laserscannern um aktive Sensoren handelt, bieten sie den Vorteil, relativ unabhängig von äußeren Lichtbedingungen zu sein. Sie sind jedoch genau wie Kameras anfällig für Regen, Nebel und Staub oder partielle Verdeckung durch Gebüsch. Üblicherweise wird die Optik des Laserscanners mit einer festen Geschwindigkeit rotiert und somit die Umgebung gescannt. Die Anzahl der Messungen ist bei diesem Prinzip unabhängig von der Rotationsgeschwindigkeit auf etwa 20.000 Punkte pro Sekunde und Rezeptor beschränkt. Die Datenmenge ist somit im Verhältnis zu Kameras sehr gering. Beim *Spirit of Berlin* kommen mehrere LIDAR zum Einsatz.

### Wide Range Laserscanner

Zur Hinderniserkennung wird ein Ibeo Alasca XT eingesetzt, der an der vorderen Front des Autos befestigt ist. Er besitzt vier Strahlen, die in einem vertikalen Öffnungswinkel von 3,2 Grad angeordnet sind. Damit können Objekte in einer Entfernung von bis zu 150m entdeckt werden. Hinter der Abdeckung wird ein Spiegel in Rotation versetzt, um die Laserstrahlen umzulenken. Dadurch kann dann ein Bereich von 220 Grad (horizontaler Öffnungswinkel) abgedeckt werden. Dieser Laserscanner wird aufgrund seiner hohen Reichweite primär zum Erkennen von Hindernissen vor dem Auto verwendet.



### Laserscanner für den Nahbereich

Bei dem SICK LMS 291-S05 handelt es sich um einen relativ günstigen Outdoor LIDAR, der in der Industrie häufig Verwendung findet. Er hat nur einen LASER-



Strahl und hat mit seinem 120 Grad Öffnungswinkel ein, im Verhältnis zu den anderen beschriebenen Laserscannern, recht eingeschränktes Sichtfeld. In einem 20 Grad Winkel auf die Fahrbahn gerichtet, wird er zum Auffinden von Bordsteinen eingesetzt.

### Rundum Laserscanner

Der Velodyne HDL-64E ist ein 360 Grad LIDAR, der über 64 Strahlen verfügt. Anders als bei dem Frontlaser wird hierbei nicht ein Spiegel in Rotation versetzt, sondern der ganze Laserscanner. Dazu ist dieser auf einem drehbaren Gerüst montiert, welches mit bis zu 15 Hz um die eigene Achse rotiert. Die Reichweite variiert mit verschiedenen Einsatzzwecken. Dabei können Informationen über die Beschaffenheit des Bodenbelags bis zu einer Entfernung von 30 Metern gewonnen werden. Bei Objekten wie Autos, die eine höhere Reflektivität aufweisen, können sogar Entfernungen bis 100 Metern erreicht werden. Durch die Rundumsicht ergibt sich ein relativ breit gefächertes Einsatzspektrum. Die Hauptanwendung findet dieser aber bei dem Erkennen von Kreuzungssituationen, da dieser die ganze Kreuzung überblicken kann.



## 2) Entscheidung mit Computern/iPhone/EyeDriver

An dieser Stelle wird die **eigentliche Entscheidung getroffen, wohin das Fahrzeug sich bewegen soll. Diese Entscheidung kann durch den Menschen oder durch einen Computer getroffen werden. Der Mensch interagiert mittels *EyeDriver* (Augensteuerung) oder *iDriver* (iPhone Steuerung) mit dem System. In diesen Modi ist die Intelligenz des Autos auf ein Minimum (Notstopp) reduziert.**

Bei der Steuerung über den Computer stellt das Verhaltensmodul den zentralen Bestandteil der Systemarchitektur dar. In diesem Modul wird zunächst aufbauend auf digitalem Kartenmaterial eine logische Route berechnet, die zum Ziel führt. Diese wird dem Weltmodell angepasst und berücksichtigt in Respektive Informationen der einzelnen Sensoren über die unmittelbare Umgebung.

Dazu wird vorausschauend ein Zeitfenster auf Regelkonformität überprüft, welches vor dem Auto hergeschoben wird und damit in der Zukunft liegt. Eventuell auftauchende problematische Bereiche werden dann der Fehlerkontrolle übergeben, die dann bereits im Voraus geeignet darauf reagieren kann. Somit kann rechtzeitig auf andere Verkehrsteilnehmer reagiert werden und z.B. ein Überholmanöver oder eine Bremsung eingeleitet werden. Dieser geplante Pfad wird dann von der Lenk- und Geschwindigkeitsregelung übergeben. Diese hat die Aufgabe, die Vorgaben möglichst genau einzuhalten und gegebenenfalls Abweichungen vom optimalen Pfad nachzuregulieren. Dabei werden die eigentlichen Steuerbefehle generiert, die dann über ein Netzwerk an die Aktorik (also die Motoren) weitergeleitet werden.

## 3) Aktion durch Aktoren



In der Regelungstechnik bezeichnen Aktoren das Gegenstück zu Sensoren. In diesem Falle müssen die generierten Steuerbefehle bezüglich Lenkrad- und Gaspedalstellung in mechanische Arbeit umgewandelt werden. Hierbei kommt ein AEVIT System der Firma EMC zum Einsatz. Die Firma EMC befasst sich seit mehr als 35 Jahren damit, Fahrzeuge um Motoren zu ergänzen, um diese für den behindertengerechten Gebrauch tauglich zu machen. Aufgrund dieser langjährigen Erfahrung mit dieser Technologie sind diese kommerziellen Systeme extrem robust und ausfallsicher. Die eigentliche Bedienung der Aktoren wird erst über einen kleinen, integrierten Computer möglich. Dieser ist eigens dafür vorgesehen und verfügt dazu über drei Schnittstellen: einen analogen und einen seriellen Input und den CAN-Bus (Controller Area Network). Der CAN-Bus ist ein asynchrones, serielles Bussystem, das 1983 von Bosch entwickelt wurde, um Steuergeräte in Automobilen untereinander zu vernetzen. Dadurch lassen sich Informationen, wie die aktuelle Geschwindigkeit oder die aktuelle Radstellung, direkt auslesen.

Die eigentliche Steuerung erfolgt über zwei Eingänge: Auf dem analogen Eingang gehen auf zwei Leitungen getrennt die Lenk- und Gaspedalstellung ein, während der serielle Eingang für den Empfang von sekundären Steuerbefehlen vorgesehen ist. Damit lässt sich dann z.B. der Gang wechseln, der Blinker aktivieren oder das Licht ein- und ausschalten.

Die gerade beschriebenen Schnittstellen werden zusätzlich mit Modulen verbunden die eine Ethernet Anbindung erlauben. Damit kann das Auto dann über verschiedene Geräte gesteuert werden (z.B. Computer, *iPhone* oder den *EyeDriver*). Zusätzlich kann das Auto auch normal von einer Person über das herkömmliche Lenkrad oder die integrierte Steuerkonsole gesteuert werden.

## Weitere Informationen

Videos und Fotos (ab Freitag 12:00)

[www.autonomos.inf.fu-berlin.de/presse/presse-mappe](http://www.autonomos.inf.fu-berlin.de/presse/presse-mappe)

Generelle Projektseite

[www.autonomos.inf.fu-berlin.de](http://www.autonomos.inf.fu-berlin.de)

Firma SMI (SensoMotoric Instruments)

<http://www.smivision.com/>

Informationen zum BMBF Projekt

<http://www.unternehmen-region.de/de/4042.php>

Firma Appirion (iDriver)

[www.appirion.com](http://www.appirion.com)