



MadeInGermany: Autonomes Fahrzeug aus Berlin
Freie Universität Berlin zeigt am 13. Oktober die Zukunft der Mobilität

1 Einleitung

Ein globales Wettrennen um die Zukunft der Mobilität ist in vollem Gange: autonome Fahrzeuge erobern die Straßen in den USA und Deutschland. Und Berlin macht mit. Am 13. Oktober zeigt die Freie Universität die Alternative aus der Hauptstadt: *MadeInGermany*, das Auto, das „mitdenkt“, der Nachfolger des legendären *Spirit of Berlin*.

MadeInGermany sieht aus wie ein herkömmliches Serienfahrzeug, doch der Schein trügt. Das Auto ist ausgerüstet mit modernster Sensortechnologie und ist damit fähig, seine Umgebung vollständig wahrzunehmen. Kreuzungen, andere Autos, Motorräder, Fahrräder sowie Passanten werden registriert, um selbstständig und sicher komplexe Verkehrssituationen zu bewältigen. So erkennt das Fahrzeug unter anderem Ampeln und Stoppschilder, die Spurlinien auf der Straße, und „weiß“ die Verkehrs- und Vorfahrtsregeln umzusetzen. Drei Videokameras, mehrere Laserscanner, sowie Radar erlauben dem Bordcomputer, ein dreidimensionales Modell der Straße zu berechnen und die Verkehrssituation einzuschätzen. Entwickelt wurde das Berliner Fahrzeug von den Robotik-Experten im AutoNOMOS-Labor der Freien Universität Berlin um den Informatik-Professor Raúl Rojas.

Mit der langfristigen Vision, fahrerlose Autos mit neuartigen Antriebstechnologien als „grüne Fahrzeuge“ zu etablieren, setzen die Forscher der Freien Universität auf neue Formen der Interaktion zwischen Mensch und Maschine. Am 13. Oktober wird die Sensorik und Fahrqualität des Fahrzeugs auf dem Flughafen Tempelhof in Aktion gezeigt. Passagiere werden durch Anrufe aus mobilen Geräten automatisch abgeholt. Das autonome Taxi aus Berlin meldet seine Position - Passagiere sehen auf ihren Bildschirmen die Route des herannahenden Fahrzeugs und die geschätzte Wartezeit. Auf dem Weg zum Passagier findet das autonome Fahrzeug Baustellen, Ampeln, unaufmerksame Passanten und Gefahren jeder Art, die sicher und präzise bewältigt werden. Bei der Vorführung wird auch gezeigt, wie aus tragbaren Geräten die Autonomiefunktionen, die gesamte Sensorik und die Befehle für das Fahrzeug abgerufen bzw. übertragen werden können. Es wird Gelegenheit gegeben, mitzufahren.

Das AutoNOMOS Team präsentiert ihr „mitdenkendes“ Auto bei einer Pressekonferenz mit anschließender Vorführung (ausschließlich für Journalisten) am Mittwoch, **13. Oktober 2010, 9.30 Uhr** auf dem ehemaligen Flughafengelände Tempelhof.



MadeInGermany und Spirit of Berlin

2 Mobilität der Zukunft: Die wahren grünen Autos

Das AutoNOMOS Projekt an der FU Berlin hat sich zum Ziel gesetzt, neue Formen der Mobilität zu untersuchen. Wir gehen davon aus, dass Fahrzeuge der Zukunft mit den notwendigen Sensoren und Elektronik für die autonome Navigation ausgestattet sein werden. Autos, die ihre Umgebung wahrnehmen, Hindernisse und Verkehrssituationen automatisch erkennen können, werden das Bild der Stadt in den nächsten Jahrzehnten radikal verändern. Es geht zukünftig um neue Antriebstechnologien (z.B. elektrische Autos), die CO₂-Ausstoß und Lärm reduzieren helfen. Autonome Fahrzeuge können außerdem das Konzept des *car-sharing* Realität werden lassen. Autonome Taxen könnten Passagiere vor der Haustür abholen, zur Arbeitsstelle bringen und anschließend weitere Passagiere befördern. Man könnte außerdem den Autoverkehr mit dem Bus- und Schienenverkehr optimal kombinieren. Mehrere Personen könnten auf derselben Strecke von einem autonomen Taxi befördert werden. Eine Stadt wie Berlin könnte durch die optimale Kombination dieser Technologien wahrscheinlich mit nur einem Fünftel des heutigen Autobestands auskommen.

Autos, die über ihre Sensorik andere Autos, Passanten, Fahrräder usw. erkennen, werden in der Zukunft sicherer fahren als Menschen, die unaufmerksam oder müde werden, es können. Wenn die Technologie, die heute entsteht, zu kommerzieller Reife gebracht worden ist, wird die Anzahl der Unfälle auf den Straßen und Autobahnen radikal abnehmen. Unfälle, auf Grund eingeschlafener Fahrer werden der Vergangenheit angehören. In Zukunft wird man sich wundern, dass Menschen noch am Anfang des 21. Jahrhunderts selbst Auto gefahren sind.

Die meisten Autos stehen heute 90 bis 95% der Zeit am Straßenrand. Eine unbewegliche Blechlawine, die das Bild der Stadt im 20. Jahrhundert geprägt hat. Unser Ziel ist es, im 21. Jahrhundert einen größeren Teil der Straße wieder an die Fußgänger zu übergeben, Autos nur in speziell dafür eingerichteten Parkhäusern abzustellen, den Nutzungsgrad der Fahrzeuge zu optimieren und die Transportkosten nachhaltig zu reduzieren. Das geht nur, wenn zukünftige Fahrzeuge autonom werden.

Daher: die wahren grünen Fahrzeuge der Zukunft sind solche mit einem minimalen direkten oder indirekten CO₂-Ausstoß, und die über *car-sharing* auf der Ebene der ganzen Stadt betrieben werden. Nur so können wir unseren heutigen Mobilitätsstandard erhalten und nur so können andere Länder wie China oder Indien ihren Einwohnern denselben Grad an Mobilität anbieten.

3 **MadeInGermany: Ein autonomes Fahrzeug**

Die FU Berlin entwickelt im Rahmen des Autonomos Projekts die Technologie für die autonomen Fahrzeuge der Zukunft. Das Autonomos Projekt wird seit 2009 von dem Bundesministerium für Bildung und Forschung finanziert. Die Vorarbeiten dafür wurden in den Jahren 2006 und 2007 durch die Entwicklung des autonomen Fahrzeuges „*Spirit of Berlin*“ geleistet. Der *Spirit of Berlin*, ein umgerüsteter Dodge Caravan, nahm 2007 an dem Wettrennen der autonomen Roboter in Kalifornien teil. Das Wettrennen fand in einer geschlossenen Kaserne statt, einer Art Stadtumgebung, in der unter kontrollierten Bedingungen Fahrzeuge verschiedener Universitäten getestet wurden. Bei dem Wettrennen mussten andere Verkehrsteilnehmer erkannt werden, Vorfahrtsregelungen an Kreuzungen beachtet und Unfälle vermieden werden. Es gab 80 Testfahrer, die für die autonomen Fahrzeuge künstlichen Verkehr erzeugten.



Nach dem Wettbewerb in Kalifornien haben die verschiedenen teilnehmenden Universitäten ihre Forschungsanstrengungen verstärkt. Die Universitäten Stanford und Carnegie-Mellon in den USA arbeiten mit renommierten Fahrzeugherstellern zusammen. In Deutschland findet die Entwicklung von autonomen Fahrzeugen in München, Karlsruhe, Braunschweig und auch in Berlin statt. Es ist eine überschaubare Forschergemeinde, die sich gut kennt, sich austauscht und ähnliche Technologien für die Fahrzeuge der Zukunft entwickelt. Wie oben angemerkt findet ein globales Wettrennen um die Entwicklung der intelligenten Fahrzeuge statt.

MadeInGermany ist ein VW-Passat mit drive-by-wire Technologie. Das bedeutet, dass der CAN-Bus vom Fahrzeug direkt von unserem Computer angesprochen werden kann. Der CAN-Bus ist die Schaltzentrale moderner Fahrzeuge. Der Motor, die Bremse, das Lenkrad usw. verschicken Sensorwerte über den CAN-Bus und können auch über diese Leitungen Befehle erhalten. Ein am CAN-Bus angeschlossener Rechner kann den Motor beschleunigen, die

Bremse betätigen oder das Lenkrad drehen. Die notwendigen Anpassungen für unser Fahrzeug wurden von der VW-Forschung in Wolfsburg gemacht.

MadeInGermany kennt seine Position durch den Einsatz einer GPS-Einheit von der Fa. Applanix. Die Position der GPS-Satelliten wird durch eine Antenne empfangen und der Navigationscomputer berechnet die aktuelle Fahrzeugposition. Eine Inertialeinheit (IMU), mit Beschleunigungssensoren und Gyroskop ausgestattet, kann die Position des Fahrzeugs bei kurzfristiger Verdeckung der Satelliten interpolieren. Wenn z. B. das Fahrzeug in einen Tunnel fährt oder wenn Hochhäuser das Satellitensignal verdecken, kann die Inertialeinheit hochpräzise die Bewegung des Fahrzeuges weitermessen und auf diese Weise die Position von *MadeInGermany* auf der Karte verfolgen. So kann das Fahrzeug von jedem Punkt in der Stadt zu jedem anderen beordert werden. Der Steuerungsrechner ermittelt die optimale Route in der Stadtkarte und übergibt diese an die Steuerungssoftware. Hier arbeitet *MadeInGermany* wie mit einem herkömmlichen Navigationssystem, aber mit dem Unterschied, dass die GPS-Position viel genauer ermittelt wird und Ausfälle des GPS-Signals über mehrere Minuten durch den Einsatz eines IMUs aufgefangen werden können.

MadeInGermany erkennt seine Umgebung durch den Einsatz folgender Sensoren:

- 1.) Sechs LUX-Laserscannern der Fa. IBEO mit je vier Strahlen.
- 2.) Ein rotierender Laserscanner mit 64 Strahlen der Fa. Velodyne.
- 3.) Sieben Radareinheiten von Hella, TAW und FMS für die Erkennung von Fahrzeugen, die hinter oder vor unserem Auto stehen.
- 4.) Vier Videokameras, speziell für Aufnahmen mit großem dynamischen Bereich. Eine der Videokameras erkennt die Fahrbahnmarkierungen, zwei vermitteln ein stereoskopisches (Tiefen-) Bild der Umgebung. Die vierte Kamera nimmt das Bild aus Fahrerperspektive auf.
- 5.) Eine Wärmebildkamera erkennt Passanten und Tiere.

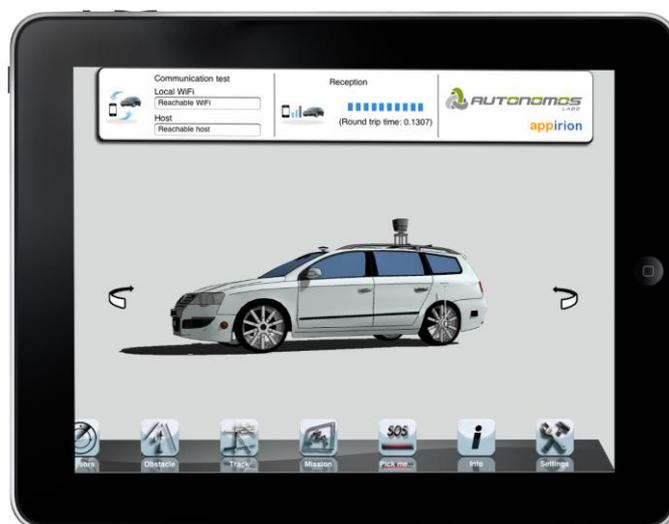
Die Intelligenz von *MadeInGermany* steckt in mehreren Prozessoren: Ein Computer der Firma Hella Aglaia GmbH verarbeitet die Videodaten für die Erkennung der Fahrbahnmarkierungen. Ein weiterer eingebauter Rechner verarbeitet die GPS-Daten. Die Steuerungsintelligenz steckt in einem Laptop mit einem Vierkern-Prozessor, der alle Sensordaten empfängt und zu einem Gesamtbild der Verkehrssituation fusioniert. Der Steuerungsrechner weiß, wo sich das Auto befindet, kennt die aktuelle Geschwindigkeit und Lenkradstellung, schaut vorausschauend auf die erwartete Trajektorien in den nächsten Sekunden und berechnet die Position von Trajektorien von möglichen Hindernissen. Wird die Straße z.B. plötzlich von einem Fußgänger überquert, wird dies über die Sensorik erkannt und der Steuerungsrechner befiehlt, das Auto zu bremsen. Gelangt das Auto an eine Stelle, mit dichtem Verkehr, kann *MadeInGermany* den anderen Autos im Schritttempo folgen und dabei den notwendigen Sicherheitsabstand einhalten.

Autonome Fahrzeuge sollten sich von der Fahrweise her wie von Menschen gefahrene Autos „anfühlen“. Im Rahmen des AutoNOMOS-Projekts haben wir untersucht, wie Menschen bremsen und beschleunigen und wir haben unsere Controller an diese menschlichen Gewohnheiten angepasst. Das Ergebnis ist ein Auto, das sanft beschleunigt und bremst, immer vorausschauend alle Objekte im Straßenverkehr im Blick behält den Fahrgast nicht durch plötzliche Manöver überrascht.

Durch den Einsatz von Videokameras ist es uns gelungen, Autos im Straßenverkehr anhand der speziellen Form der Karosserie zu erkennen. *MadeInGermany* berechnet die Korrespondenz der Bilder von zwei Kameras und ermittelt stereoskopisch die Tiefeninformation von allen Objekten im Straßenverkehr. So wie Menschen mit zwei Augen die Welt dreidimensional wahrnehmen können, so kann unser Fahrzeug ein 3D-Bild der Straße im Computer erzeugen. Am 13. Oktober bei der Präsentation von *MadeInGermany* zeigen wir auch zum ersten Mal die Erkennung von Ampeln im Straßenverkehr. Unser Ziel ist, in Zukunft beliebige Ampelpositionen und -varianten automatisch im Straßenverkehr zu erkennen.

4 Mobile Geräte: „Auto hol mich ab!“

MadeInGermany kann über mobile Geräte gesteuert werden. Wir werden am 13.10. zeigen, dass man über ein iPad sämtliche Sensoren im Auto ablesen kann. Man kann auch Befehle an das Auto verschicken, und vor allem kann man sich von einem Autonomen Auto abholen lassen. Der Benutzer kann mit einem iPad oder Smart-Telefon am Straßenrand stehen, und das autonome Fahrzeug anrufen. Da solche mobilen Geräte heutzutage mit einer GPS-Einheit ausgestattet sind kann die Position des Fahrgastes an das Fahrzeug übermittelt werden. Das autonome Auto berechnet die beste Route zum Fahrgast, setzt sich in Bewegung und informiert den Fahrgast über die zu erwartende Wartezeit. Der Fahrgast kann am eigenen Bildschirm die Position des herannahenden Fahrzeugs sehen. Wenn das Auto ankommt, stoppt es und der Fahrgast kann in das Auto steigen.



Im Rahmen des AutoNOMOS-Projekts verwenden wir ein iPad der Fa. Apple. Mit dem iPad kann man die Bilder von den Videokameras betrachten und sich alle Sensorwerte auf dem Bildschirm anzeigen lassen (siehe Screenshot). So kann man z.B. bei Testfahrten die verschiedenen Sensorwerte beobachten. Man kann auch auf der Stadtkarte Ziele antippen, die dann vom Fahrzeug angesteuert werden. Und wenn man gerade Lust hat, das Fahrzeug selber über das iPad zu steuern, kann man die Automatik ausschalten und selbst die Kontrolle übernehmen.

Bilder vom *MadeInGermany*



Die Elektronik von *MadeInGermany* im Kofferraum. Zu sehen sind: GPS-Modul (links unten), Embedded Computer für Bildverarbeitung (mitte), Schalteinheit (rechts unten).



Rotierender Laser mit 64 Strahlen (LIDAR). Ein LIDAR misst die Position zu Objekten durch die Ermittlung der Flugzeit eines Laserstrahls.



Die Vorfahrtsregeln werden beachtet



MadeInGermany stoppt bei unerwarteten Ereignissen



Fahrräder werden von der Sensorik erkannt und vorgelassen



MadeInGermany auf der Straße



MadeInGermany stoppt vor Ampel



Ein Passagier ruft das autonome Fahrzeug



MadeInGermany startet vom Parkplatz



Der Passagier steigt ein

Die Zukunft der „intelligenten Mobilität“ am Standort Berlin.

Das Förderprogramm ForMaT (Forschung für den Markt im Team) ist Teil der Innovationsinitiative „Unternehmen Region“, mit der das BMBF seit mehreren Jahren erfolgreich Bündnisse von Unternehmen, Hochschulen und Forschungseinrichtungen in den Neuen Ländern fördert. Ziel ist es, leistungsstarke, für Wissenschaft und Wirtschaft attraktive Innovationsstandorte zu schaffen. „Unternehmen Region“ ist Teil der Hightech-Strategie der Bundesregierung. Das BMBF setzt mit ForMaT neue Impulse, um die Trennung zwischen marktgetriebener industrieller Forschung und erkenntnisgetriebener öffentlicher Forschung zu überwinden.

In einem virtuellen Innovationslabor (InnoLab) werden bis Ende des Jahres 2011 konkrete Forschungsansätze zum Thema Autonomie- und Fahrerassistenzsysteme unter dem Aspekt spezifischer Markt- und Kundenanforderungen weiterentwickelt. Das InnoLab AutoNOMOS soll einen entscheidenden Beitrag zur Entwicklung einer unfallfreien, effizienten und umweltgerechten Mobilität leisten. Das InnoLab setzt sich aus drei Forschergruppen zusammen, die sich den Technologien Computer Vision, Umwelterfassung und 3D-Sensorik sowie Kognitive Navigation widmen. Auf der Verzahnung dieser verwandten Themengebiete basieren die Verknüpfung zu einer frei konfigurierbaren Middleware und das Konzept des „virtuellen Sensors“.

Das Team ist interdisziplinär aufgestellt. Die Mitarbeiter der verschiedenen Fachrichtungen (Informatik, Mathematik, Elektrotechnik, Volks- und Betriebswirtschaftslehre) arbeiten gemeinsam an dem Ziel Fahrerassistenzsysteme der nächsten Generation zu entwickeln. Die Vision ist, intelligente Fahrzeuge schrittweise in der Gesellschaft zu etablieren. Außergewöhnliche Fernsteuerungen (z.B. via iPhone, per Augensteuerung oder als virtuelles Cockpit auf dem iPad) ergänzen das Entwicklungsportfolio um semi-autonome Funktionen und bringen die Interaktion zwischen Mensch und Maschine schon heute auf ein neues Niveau. Die Arbeit des InnoLabs ist auf einen Technologietransfer nach Abschluss des Projektes ausgerichtet. Intensive Zusammenarbeit mit externen Partnern aus der Automobil- und -zulieferindustrie sowie regelmäßige Gespräche mit anderen Experten aus Wissenschaft und Wirtschaft helfen dabei, Kunden- und Marktanforderungen konsequent in die Entwicklungsprojekte zu integrieren.

KONTAKT

Vielen Dank für Ihr Interesse. Weitere Infos erteilen Ihnen gerne:

Herr Prof. Dr. Raúl Rojas; email: rojas@inf.fu-berlin.de
Herr Tinosch Ganjineh; email: ganjineh@inf.fu-berlin.de
Herr Patrick Vogel; email: patrick.vogel@fu-berlin.de

Arbeitsgruppe Künstliche Intelligenz
Innovationslabor AutoNOMOS

Freie Universität Berlin
Fachbereich Mathematik und Informatik
Institut für Informatik

Arnimallee 7
14195 Berlin



www.autonomos-labs.de