

## Häufig gestellte Fragen zum AutoNOMOS-Projekt:

### 1. Was sind die AutoNOMOS Labs?

Das Innovationslabor AutoNOMOS ist ein Projekt der Freien Universität Berlin, Arbeitsgruppe für Künstliche Intelligenz (Dahlem Center for Intelligent Systems) des Instituts für Informatik. Die Wissenschaftler arbeiten an der Entwicklung von Autonomie- und Fahrerassistenzsystemen mit dem Ziel, Verkehrsunfälle in Zukunft zu vermeiden und die Sicherheit im Straßenverkehr durch Einsatz moderner Computer- und Sensortechnik zu erhöhen. In den drei Laboratorien Computer Vision, 3D-Umwelterfassung und Kognitive Navigation werden gemeinsam Ideen zur Gestaltung der Mobilität der Zukunft entwickelt. Das Vorhaben wird durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung im Rahmen des Förderprogramms ForMaT (Forschung für den Markt im Team) gefördert. ForMaT unterstützt vielversprechende Forschungsansätze bereits in frühen Phasen bei der Vorbereitung des Wissens- und Technologietransfers.

### 2. Was ist MadelInGermany?

Die Grundlage des Testträgers namens MadelInGermany (MiG) ist ein serienmäßiger VW-Passat Variant, der mit einem speziellen Drive-by-wire-System sowie speziellen Sensoren zur Umgebungserfassung (Laser, Radar und Kameras) und zur Positionierung (GPS) umgerüstet wurde. Das „Gehirn“ des fahrenden Roboters ist eine Software, die die Daten der Sensoren auswertet, Regeln beachtet und Entscheidungen für die Navigation und das Verhalten des Fahrzeugs trifft.

### 3. Wie schickt der Computer die Befehle an das Auto?

MiG wurde mit speziellen Schnittstellen für Drive-by-wire ausgestattet. Das bedeutet, dass ein Computer (in unserem Fall ein Laptop) direkt Befehle an Brems- und Gaspedal, sowie an die Lenkung verschicken kann. Der Computer ist über eine spezielle Schnittstelle an den sogenannten CAN-Bus des Passats angeschlossen. Der CAN-Bus ist eine standardisierte elektronische Schnittstelle für den automotive-Bereich. Über den CAN-Bus kommunizieren verschiedenen Komponenten des Autos. In unserem Fall benutzen wir den CAN-Bus, um die Steuerbefehle des Computers direkt an die Aktoren für Bremsen, Beschleunigen und Lenken zu übermitteln. Für die Lenkung wurde ein zusätzlicher elektrischer Motor an der Lenksäule angebracht. Auf diese Weise kann das System beschleunigen, bremsen und um Kurven lenken und hat auch Zugriff auf Funktionen wie Blinker und Hupe. Dafür haben wir eine spezielle Software geschrieben (das AutoNOMOS-System), die es dem Auto ermöglicht, sicher und elegant von einem Punkt der Stadt zu einem anderen zu fahren, ohne dass der Sicherheitsfahrer eingreifen muss.

### 4. Woher kennt das Auto seine Position in der Stadt?

MadelInGermany ist mit einem hochgenauen GPS-System ausgestattet. Über eine Antenne auf dem Dach werden die Signale von den GPS-Satelliten empfangen, die die Erde umkreisen. Aus diesen Signalen ermittelt die GPS-Zentraleinheit die Position des Fahrzeugs auf der Erdoberfläche. Falls die Satellitensignale ausfallen (beispielsweise in einem Tunnel) übernimmt eine Inertialeinheit die Aufgabe, anhand von speziellen Beschleunigungssensoren, sowie einem elektronischen Gyroskop, die Position des Fahrzeugs in der Karte zu aktualisieren. Durch zusätzliche Korrektursignale kann die GPS-Einheit die Position des Fahrzeugs mit einem Fehler unter einem Meter errechnen. Somit weiß MadelInGermany immer, auf welchen Straßen und auf welcher Spur er sich befindet.

#### **5. Wie erkennt das Auto Hindernisse auf der Straße?**

MadeInGermany verfügt über sechs LUX-Laserscanner von IBEO. Drei der Scanner sind vorn in der Karosserie eingebaut, die anderen drei hinten. Jeder Scanner verschickt regelmäßig einen Lichtpuls. Anhand der Reflektion des Pulses und der Zeitspanne bis zum registrierten Echo kann der Abstand zu jedem getroffenen Hindernis auf der Straße ermittelt werden. Mit den sechs Laserscannern verfügt der Testträger über eine Rundumsicht (das heißt vorn, hinten und an den Seiten) von allen Objekten, die sich auf oder neben der Straße befinden. Die Scanner haben eine Reichweite von über 100 Metern. An Kreuzungen können von links oder rechts heranfahrende Autos rechtzeitig erkannt werden.

Darüber hinaus verfügt MadeInGermany über einen rotierenden Laserscanner, der 64 Laserstrahlen in die Umgebung wirft. Die Frequenz des Lichts liegt im Infrarotbereich, deswegen sind die Lichtpulse für Menschen unsichtbar. Die Energie der Lichtpulse ist niedrig genug, sodass keiner dieser Scanner für die Augen gefährlich ist. Könnten wir mit den Augen Infrarot-Strahlen sehen, würden uns die Scanner als blitzende Lichtquelle auffallen. Der rotierende Laserscanner auf dem Dach des Vehikels hat eine Reichweite von 70 Metern, sodass wir über zwei redundante Systeme für die Erkennung von Autos und Passanten verfügen.

#### **6. Erkennt das Auto auch Passanten?**

Laserscanner sind Sensoren, die in der Lage sind, Autos mit großer Genauigkeit zu detektieren, sodass wir ihren Abstand zu unserem Auto und sogar die relative Geschwindigkeit errechnen können. Auch Passanten können mit dem Laserscanner detektiert werden. Die Lasereinheiten sind so präzise, dass wir sogar die Beinbewegungen erfassen und verarbeiten können. Immer, wenn ein statisches Hindernis – sei es ein Auto oder ein Passant – vor MadeInGermany steht, stoppt das Auto aus Sicherheitsgründen.

#### **7. Werden die Verkehrsregeln beachtet?**

Die Verkehrsregeln sind in die Software verankert. Die in jeder Straße erlaubte Maximalgeschwindigkeit ist in der Karte der Stadt eingetragen. Deswegen ist es nicht notwendig, die Verkehrsschilder mit Videokameras zu erfassen – diese Information liegt bereits elektronisch vor. An Kreuzungen erkennt unser Fahrzeug heranfahrende Autos und beachtet die Vorfahrtsregeln. Das Auto fährt mittig in seiner Spur und passt seine Geschwindigkeit an die der voranfahrenden Autos an, sodass immer ein Sicherheitsabstand eingehalten wird. An den Kreuzungen und bei Stopp-Schildern kann das Auto kurz stoppen und weiterfahren. Die Einhaltung der grundlegenden Verkehrsregeln (Kreuzungsverhalten, rechts vor links etc.) wurde bereits im März 2011 in speziellen Testszenarien dem Flughafen Tempelhof demonstriert.

#### **8. Werden auch Ampeln erkannt?**

MadeInGermany verfügt auch über drei Videokameras die im Inneren des Fahrzeugs hinter der Windschutzscheibe montiert sind. Die mittlere Schwarz/Weiß-Kamera erfasst das Bild der Straße und berechnet die Position der Spurmarkierungen. Damit können leichte GPS-Fehler behoben werden, indem das Auto sich in der Spur zentriert. Wir benutzen ein kommerzielles „lane departure warning“ – System von einem unserer Kooperationspartner, der Hella Aglaia GmbH. Für die Erkennung von Ampeln benutzen wir zwei Farbkameras, die jeweils links und rechts hinter der Windschutzscheibe montiert sind. Ampeln sind in der Straßenkarte eingetragen, sodass das Auto „weiß“, an welchen Kreuzungen mit einem Ampelsignal zu rechnen ist. Der Computer erkennt mithilfe der Farbkameras die besondere Form der Ampel und die Farbe des eingeschalteten Signals. So kann das Auto den Zustand der Ampel rechtzeitig in sicherem Abstand erkennen. Eine größere Herausforderung sind ausgeschaltete Ampeln, die weder rot gelb oder grün zeigen. Am 17. September zeigen wir im Berliner Straßenverkehr, wie das Auto 46 Ampeln hintereinander erkennt. Es handelt sich um normale nicht modifizierte Ampeln.

#### **9. Seit wann wird das Auto im Straßenverkehr getestet?**

Seit 2007 werden Tests im autonomen Betrieb auf dem Gelände des ehemaligen Flughafens Tempelhof durchgeführt. Dort konnten wir alle gängigen Verkehrssituationen ausgiebig erproben. Wir haben gezeigt, dass das Fahrzeug die Verkehrsregeln beachtet und sichergestellt, dass sich selbst, wenn man einen falschen Befehl über den Computer forciert, das Auto „weigert“, unsichere Befehle auszuführen. Dafür haben wir eine elektronische Schaltung im Kofferraum installiert, die die Dynamik des Fahrzeugs überwacht und z. B. große Lenkbewegungen bei großen Geschwindigkeiten einfach verbietet.

Nach den langjährigen Funktions- und Sicherheitstests wurde im Frühjahr 2011 in Zusammenarbeit mit dem TÜV NORD ein ausführliches Sicherheitskonzept zum Betrieb im öffentlichen Straßenverkehr entwickelt (Siehe Punkt 10). Der Antrag auf Ausnahmegenehmigung zu Erprobungsfahrten wurde durch die LABO Berlin gewissenhaft geprüft und die Erlaubnis für das Land Berlin im Juni 2011 erteilt.

#### **10. Ist das gefährlich?**

Eine der Bedingungen für das TÜV Gutachten und die Ausnahmegenehmigung für Erprobungsfahrten ist – wie bisher bei allen autonomen Pkw weltweit – dass ein Sicherheitsfahrer (ähnlich einem Fahrlehrer) reaktionsbereit hinter dem Steuer sitzen muss. Wenn das Auto in den Berliner Straßen fährt, überwacht diese Person gemeinsam mit einem Co-Piloten die Aktivität des Fahrzeugs und den Straßenverkehr. Der Computer meldet die nächsten Aktionen über eine synthetische Stimme (wie z. B. „Ampel-rot“ erkannt). Auf diese Weise weiß der Sicherheitsfahrer, dass die Software richtig läuft. Falls der Sicherheitsfahrer die Kontrolle übernehmen will, reicht eine leichte Berührung des Bremspedals. Am Armaturenbrett und im Fußbereich sind außerdem Notschalter angebracht um die Automatik ebenfalls sekundenschnell „abwerfen“ zu können und dem Fahrer die volle Kontrolle zu geben. Als zusätzliche Sicherheitsmaßnahme verfügen wir über eine Fernbedienung, die mit einem einzigen Knopfdruck das Auto stoppen kann. So kann eine zusätzliche Sicherheitsperson das Auto von außen stoppen.

#### **11. Ist das Auto versichert?**

Unser Auto ist mit bis zu 100 Millionen Euro gegen Schaden an Dritte haftpflichtversichert. Alle Termine der autonomen Erprobungsfahrten werden vorher bei der Versicherung gemeldet. Nach langer Suche hat sich die HDI Gerling Industrie Versicherungen offen für innovative Forschungsprojekte gezeigt und unterstützt unser Vorhaben nun mit dem Slogan „ZUKUNFT VERSICHERN“. Ohne die kostenlose Bereitstellung dieser sehr speziell gestalteten Versicherungslösung wäre das Vorhaben im Straßenverkehr nicht realisierbar gewesen.

#### **12. Mit welcher Geschwindigkeit kann MadelnGermany fahren?**

Seitdem das Auto für den Straßenverkehr zugelassen wurde, haben wir bereits Erprobungsfahrten im Berliner Stadtverkehr und auf der Autobahn absolviert. Auf der Autobahn (Avus) sind wir schon mit bis zu 100 Kilometern pro Stunde gefahren. Das Auto fährt ruhig und sicher. Im Straßenverkehr fahren wir mit den üblichen 30 bzw. 50 Kilometern pro Stunde.

#### **13. Wie viele autonome Fahrzeuge haben Sie entwickelt?**

Unser erstes autonomes Fahrzeug trägt den Namen „Spirit of Berlin“ und wurde im November 2007 für den internationalen Wettbewerb Robotischer Fahrzeuge (DARPA Urban Challenge) in Kalifornien angemeldet. Nach nur neun Monaten Entwicklungszeit und mit vergleichbar geringem Budget gelang es uns, ins Halbfinale und damit unter die besten 30 Teams weltweit vorzustoßen.

Im November 2009 haben wir dann durch Unterstützung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung das Projekt AutoNOMOS gestartet. Im Rahmen der Arbeiten wurden zwei Testfahrzeuge entwickelt. Das autonome Fahrzeug MadelnGermany, an dem unter anderem die Fusion der Sensordaten verschiedener Hersteller getestet wird, um neue Impulse für die Industrie zu setzen. Desweiteren wird im November 2011 ein elektrisches Auto vorgestellt, das völlig neue Anwendungsbereiche für Autonomiefunktionen erschließt. Elektrisch betriebene Autos in Verbindung mit intelligenten Systemen werden in Zukunft eine wichtige Rolle für die mobile Gesellschaft spielen.

#### **14. Können diese Fahrzeuge heute bereits eingesetzt werden?**

Auf privatem Gelände kann die im Projekt entwickelte Technologie schon heute eingesetzt werden. Es wäre denkbar, z. B. Flughäfen oder Materialtransporte in der Fabrik mithilfe von flexiblen autonomen Fahrzeugen zu automatisieren. Die größten Probleme sind die Anpassung der gesetzlichen Rahmenbedingungen für den Straßenverkehr sowie versicherungsrechtliche Fragen. Deswegen ist die Technologie heute ausschließlich auf Privatgeländen einsetzbar.

Der nächste Schritt könnte der Einsatz auf der Autobahn sein. Die Autobahn ist an sich ein geschlossenes Areal, bei dem die Verkehrsregeln einfacher sind und leicht eingehalten werden können. Autonome Fahrten auf der Autobahn und koordiniertes Fahren von Fahrzeugen wären in wenigen Jahren denkbar, in Abhängigkeit von der Entwicklung der rechtlichen Situation. Der letzte Schritt wäre natürlich der Einsatz auf der Straße, aber dafür brauchen wir noch einige Jahrzehnte Entwicklung und einige Jahrzehnte, bis es eine ausreichende Akzeptanz in der Gesellschaft gibt.

Die Forschungsergebnisse des Innovationslabors bestehen zu einem großen Teil aus kleinen, aber wichtigen Erkenntnissen im Umgang mit der Sensortechnik und den Methoden sowie mathematischen Verfahren zur Verbesserung von Fahrerassistenzsystemen. Ein Blick auf den Markt der erweiterten Fahrerassistenzsysteme zeigt, dass viele der heute marktreifen Systeme aus diesem Forschungsbereich kommen (Siehe Punkt 16). Wir sind in regelmäßigem Austausch mit Herstellern und Zulieferern der Automobilindustrie, die langfristig auch von unseren Ergebnissen profitieren.

#### **15. Wer finanziert das Projekt?**

Das AutoNOMOS-Projekt wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung im Rahmen der deutschen High-tech-Strategie finanziert. Im November 2009 wurde das Konzept zum Aufbau eines Innovationslabors unter zahlreichen Bewerbern in den neuen Bundesländern für eine Förderung im ForMaT-Programm ausgewählt. Bei ForMaT-Projekten geht es darum, Technologien der Zukunft zu entwickeln und sie für die Wirtschaft verwertbar zu machen. Der Wirtschaftsstandort Deutschland ist in besonderem Maße auf neue Ideen und Innovationen im Bereich der Automobilindustrie angewiesen. Die Freie Universität Berlin hat das Projekt bereits seit 2007 unterstützt und die notwendige Infrastruktur zur Verfügung gestellt. Neben den Forschungsaufgaben, werden im Rahmen unseres Lehrauftrages auch Studenten für die Softwareentwicklung in der Robotik- und Automobilindustrie ausgebildet.

#### **16. Steht uns also eine Revolution im Straßenverkehr bevor?**

Autonomes Fahren wird eher durch eine langsame Revolution und langsame Anpassung der Verkehrsregeln und der Automobile stattfinden. Fahrerassistenzsysteme bieten heute schon Teilaspekte des autonomen Fahrens, etwa automatisches Einparken oder automatische Geschwindigkeitskontrolle. Weitere Fahrerassistenzsysteme werden nach und nach im Premiumsegment eingeführt. Einige Autos bieten bereits „pre-crash-Systeme“, die das Auto für eine Vollbremsung vorbereiten, bzw. bei Gefahr selbst eine Vollbremsung machen. Viele Zulieferfirmen arbeiten an weiteren Systemen, die dann nach und nach ihren Eingang in herkömmliche Fahrzeuge finden werden. So wird die Technologie eines Tages in jedem

Fahrzeug zur Verfügung stehen. Wann es soweit ist, wird durch den Gesetzgeber entschieden.

### 17. Sie bezeichnen ihr Fahrzeug als ein „grünes Auto“. Warum?

In unserer Vision der Stadt der Zukunft werden in einigen Jahrzehnten autonome Fahrzeuge in Ballungsgebieten als autonome Taxis eingesetzt. Viele Personen nutzen die Vorteile des Carsharings heute nicht, weil es zu unbequem sei, das Fahrzeug nicht ständig abrufbereit verfügbar zu haben. Eine Lösung wäre, dass diese Autos den Passagier selbst abholen. Ein Signal an das Vermittlungssystem genügt, und das nächstgelegene Fahrzeug holt den Passagier metergenau an seiner aktuellen GPS Position ab und bringt ihn an jeden gewünschten Punkt der Stadt, etwa den nächsten Verbindungspunkt für andere Transportmittel des Nah- und Fernverkehrs. So könnte eine optimale Mischung aus Automobilen, Bussen und sonstigen Möglichkeiten des öffentlichen Verkehrs erreicht werden. Durch den Transport von mehr als einem Fahrgast pro Pkw könnte man die Verkehrsdichte senken. Autos, die 80 Prozent der Zeit ungenutzt parken, stellen keine Belastung mehr dar. Die wenigen verbliebenen Autos könnten schneller und effizienter im Straßenverkehr fließen. Somit würden Zeit und Energie gespart. Dies ist eine Zukunftsvision, die nur langfristig Wirklichkeit werden kann und die gesellschaftliche Akzeptanz erfordert. Langfristig kann sich aber eine echte Alternative zur heutigen Situation in Städten wie Tokio und Mexico-City bieten. Für Länder mit hoher Einwohnerzahl wie Indien oder China, die momentan grade erst beginnen, den individuellen Mobilitätsgrad zu erhöhen, besteht so die Chance, einen umweltverträglicheren Weg zu gehen. Deswegen sind autonome Fahrzeuge für uns „grüne Fahrzeuge“.

### 18. Wie viele Personen arbeiten an dem Projekt?

Das AutoNOMOS-Projekt wird vom Informatiker Prof. Dr. Raúl Rojas geleitet, Technischer Leiter des Vorhabens ist der Dipl.-Informatiker Tinosch Ganjineh. Der Diplom-Kaufmann Patrick Vogel ist kaufmännischer Leiter, der die frühzeitige Anbindung an den Markt sicherstellt. Zwölf wissenschaftliche Mitarbeiter, sechs Studenten und weitere externe Doktoranden arbeiten an dem Projekt. In den letzten Jahren haben viele Studenten ihre Abschlussarbeiten über Themen rund um autonomes Fahren geschrieben. Es bestehen Forschungsverbindungen zu anderen Universitäten in Deutschland und in den USA, die an dem Thema arbeiten.

### 19. Worin liegt der Unterschied zum „autonomous car project“ von Google?

Es gibt keinen! Wir teilen die Visionen der Google-Mitarbeiter, autonomes Fahren zu ermöglichen. Die Mitarbeiter des Projektes kommen von der Stanford- und der Carnegie-Mellon-Universität. Wir kennen einander und tauschen uns aus.

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

ForMaT  
UNTERNEHMEN  
REGION  
Die BMBF-Innovationsinitiative  
Neue Länder



Brandenburger Tor



Siegessäule



Die Elektronik im Auto



Ampel werden erkannt