



Entwicklung eines autonomen Fahrzeugs

# Selbst ist das Auto

Dank der Fortschritte bei der Entwicklung von intelligenten Antriebstechnologien rückt der Zeitpunkt näher, an dem autonome Fahrzeuge Einzug in den alltäglichen Straßenverkehr halten werden. Eine Forschergruppe der chinesischen Tongji-Universität hat mit Hilfe der dSPACE MicroAutoBox einen Elektrofahrzeug-Prototyp entwickelt, der auf dem Uni-Campus bereits selbstständig fährt.



*Eine Vision, die näher rückt:  
Autonome Fahrzeuge im alltäglichen Straßenverkehr.*



### Fahrzeugsteuerung per MicroAutoBox

Der von dem Forscherteam der Tongji-Universität entwickelte Elektrofahrzeug-Prototyp basiert auf vier Radnabenmotoren in Kombination mit einer 140-Volt-Lithium-Batterie. Das Fahrzeug beherrscht verschiedenste Fahrerassistenzfunktionen, u.a. Spurhalte- und -wechselfunktion, Adaptive Cruise Control (ACC), Notbremsung, Anhalten an einer Haltelinie und Einfädeln in den fließenden Verkehr. Für die Funktionsentwicklung der Subsysteme kommt MATLAB®/Simulink® zum Einsatz, als Steuerzentralen des Fahrzeugs dienen zwei MicroAuto-Boxen.

### Kombination verschiedener Umgebungssensoren

Der Fahrzeugprototyp nutzt für die detaillierte Erfassung der Fahrzeugumgebung vier verschiedene Arten von Sensoren, und zwar eine Kamera, GPS, Laser-Radar (LiDAR) und Millimeterwellen-Radar. Kamera und GPS dienen zur Identifizierung der Straße. Dazu erfasst die Kamera die Seitenbegrenzungslinien und erkennt so die Fahrbahn. Im Falle fehlender Seitenbegrenzungslinien kann die Fahrspur auch mit Hilfe des GPS generiert werden. LiDAR und Millimeterwellen-Radar dienen zur Identifizierung der relativen Positionen und der relativen Geschwindigkeiten zwischen dem Fahrzeug und Hindernissen bzw. anderen Fahrzeugen. Dies ist die entscheidende Grundlage für eine Reihe von Fahrerassistenzfunktionen, beispielsweise Adaptive Cruise Control (ACC), bei der das Fahrzeug zu einem vorausfahrenden Fahrzeug immer einen sicheren Abstand einhält.

*Der Fahrzeugprototyp der Tongji-Universität bewegt sich auf dem Campus der Universität bereits autonom.*



- 1 GPS-Antenne
- 2 Onboard-Kamerasystem
- 3 Front-Onboard-Millimeterwellen-Radar
- 4 Rechtes Onboard-LiDAR
- 5 Front-Onboard LiDAR

Abbildung 1: Zur Orientierung verfügt der Fahrzeugprototyp über GPS, Kamera, Laser-Radar (LiDAR) und Millimeterwellen-Radar.

### Zweistufige Routenplanung

Die Routenplanung erfolgt in zwei Schritten: Der erste Schritt ist die globale Routenplanung. Hierbei wird mit Hilfe einer digitalen Landkarte und den aktuellen Positionsdaten des Fahrzeugs die kürzeste Route vom Start zum Ziel berechnet.

Der zweite Schritt ist die lokale Routenplanung. Dabei geht es um die Aufteilung der zuvor global geplanten Route in kurze Segmente. Diese werden aus kubischen Spline-Funktionen berechnet, und zwar so, dass

die Enden der Splines fließend ineinander übergehen. Auf diese Weise werden sprunghafte Ausschläge der Lenkung an den Übergangsstellen der Teilabschnitte vermieden. Die lokale Routenplanung liefert als Ausgabewerte die konkreten Lenkwinkel

und Geschwindigkeitskommandos für das Fahrzeug.

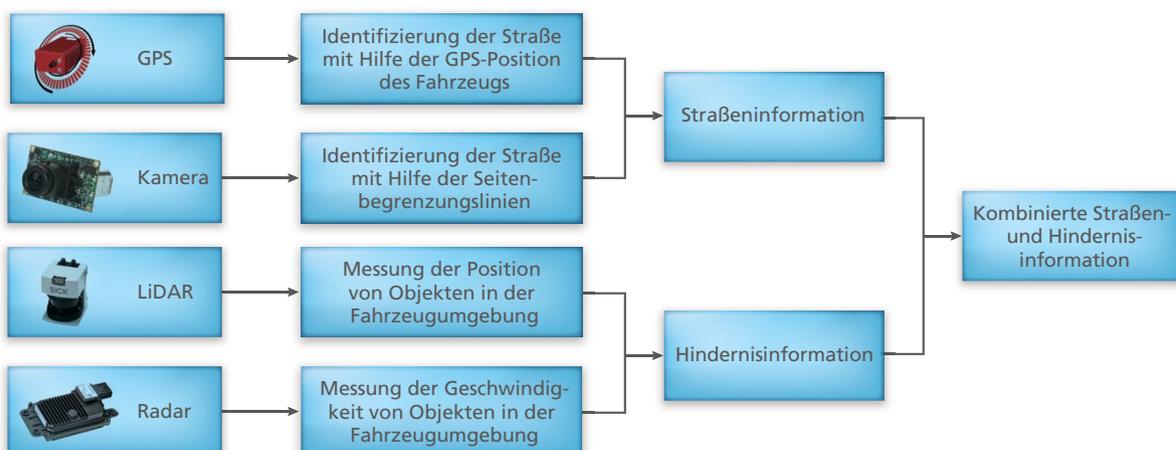
### Zwei MicroAutoBoxen im Einsatz

Weil die Regelalgorithmen vollständig in MATLAB®/Simulink® entwickelt wurden, bot sich die Verwendung der dSPACE Entwicklungswerkzeuge an, denn sie sind optimal auf die MATLAB/Simulink-Entwicklungsumgebung abgestimmt. Ein besonderer Vorteil gerade der MicroAutoBox ist ihre kompakte und robuste Bauweise, wodurch sie bestens für den Einsatz in Fahrzeugprototypen geeignet ist. Das in Simulink entworfene Modell wird automatisch codiert und auf der MicroAutoBox implementiert. Die Vielzahl an Schnittstellen und Treibermodulen der dSPACE MicroAutoBox vereinfacht dabei sämtliche Arbeitsschritte. Ein typisches Beispiel für die komfortable Arbeitsweise ist u.a. das Drag&Drop-basierte Einbauen von Treibermodulen in das Simulink-Modell. Unterm Strich vereinfacht die dSPACE Entwicklungsumgebung etliche Arbeitsschritte er-

„Dank ihrer Robustheit und komfortablen Konfigurierbarkeit ist die MicroAutoBox bestens für den Einsatz in Fahrzeugprototypen geeignet.“

Prof. Hui Chen, Tongji-Universität

Abbildung 2: Die Fahrbahn wird mit der Kamera und/oder GPS identifiziert; die Informationen über den Umgebungsverkehr gewinnt das Fahrzeug mit Hilfe von LiDAR- und Radarsensoren.



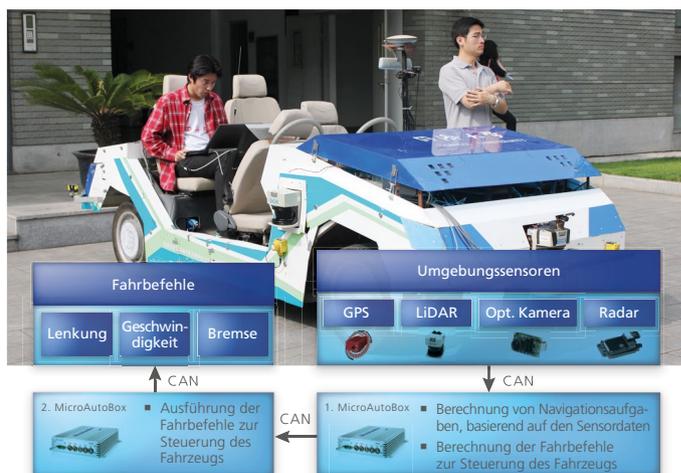


Abbildung 3: Im Fahrzeug kommen zwei MicroAutoBoxen zum Einsatz. Die erste MicroAutoBox wertet die Sensordaten aus und erledigt die Navigationsberechnungen. Die zweite MicroAutoBox dient zur eigentlichen Fahrzeugsteuerung (Lenkung, Bremse etc.).

heblich und führt so zu einer deutlichen Einsparung an Entwicklungszeit. Die erste der beiden eingesetzten MicroAutoBoxen sammelt alle für die Navigation wichtigen Daten über das Fahrzeugumfeld mit Hilfe der verschiedenen Sensoren und berechnet darauf basierend die für die Fahrzeugsteuerung nötigen Kommandos. Die zweite MicroAutoBox empfängt diese Kommandos per CAN-Bus, um dann die eigentliche Fahrzeugsteuerung durchzuführen (Lenkung, Bremse etc.). Falls nötig, kann der Fahrer aber trotzdem jederzeit durch Ergreifen des Lenkrads die Kontrolle über das Fahrzeug übernehmen. Außerdem lässt sich der Motor in so einem Fall zur Sicherheit automatisch abschalten.

#### Autonome Fahrten auf dem Campus

Das Testfahrzeug ist in der Lage, auf der Teststrecke auf dem Campus Hindernissen wie z.B. einem Fußgänger oder einem anderen Fahrzeug auszuweichen. Mit Hilfe der digitalen Karte beherrscht das Fahrzeug außerdem das Anhalten an der Hal-

telinie und auch die Kurvenfahrt sicher. Falls ein anderes Fahrzeug langsam vorausfährt, ist das Testfahrzeug auch in der Lage, automatisch in sicherer Distanz zu folgen.

#### In Zukunft noch mehr Sensoren

Bei den nächsten Arbeitsschritten steht das System zur Erfassung des Fahrzeugumfeldes im Fokus, weil jegliche Technologie des autonomen Fahrens darauf fußt. Mit den Fortschritten in der Sensortechnologie wird sich außerdem das Spektrum der zu einem akzeptablen Preis einsetzbaren automotiven Sensoren erweitern. Daher liegt das Augenmerk zukünftiger Forschungsarbeit darauf, die Messdaten der verschiedenen Sensoren sinnvoll zu kombinieren und die Fehlertoleranz der Fahrzeugsteuerung zu erhöhen. Auch für diese kommenden Schritte wird die dSPACE Entwicklungsumgebung zum Einsatz kommen. ■

Prof. Hui Chen,  
Tongji-Universität

## Fazit

Der von der Tongji-Universität entwickelte Elektrofahrzeug-Prototyp beherrscht verschiedene Fahrerassistenzfunktionen, beispielsweise Adaptive Cruise Control, automatisches Spurhalten und -wechseln, Anhalten an einer Haltelinie und Notbremsung. Im Fahrzeug kommen zwei MicroAutoBoxen zum Einsatz. Die erste MicroAutoBox wertet die Daten der Umfeldsensoren aus (GPS, LiDAR, Radar, Kamera) und plant die Route, die zweite MicroAutoBox übernimmt die Rolle des Fahrers und steuert das Fahrzeug.

Auf diese Weise ist das Fahrzeug in der Lage, sich auf dem Uni-Campus autonom zu bewegen.

#### Prof. Hui Chen

Prof. Hui Chen ist Direktor des Chassis Electronic Control Systems Lab an der School of Automotive Studies, Tongji-Universität in Shanghai, Volksrepublik China.



„Neue Fahrerassistenzfunktionen sind durch die MicroAutoBox sofort im Versuchsfahrzeug erfahrbare.“

Prof. Hui Chen, Tongji-Universität