

Entwicklung einer satellitenbasierten
autonomen Fahrzeugsteuerung

Satellit am Steuer





Das Fahrzeug blinkt, wechselt die Spur, beschleunigt und stoppt anschließend exakt an der nächsten Kreuzung – ohne jeglichen Eingriff von der Person am Steuer. Möglich machen das ein Satellitensystem, eine Vielzahl von Sensoren und eine dSPACE MicroAutoBox II, in die Mitsubishi Electric eine autonome Fahrzeugsteuerung implementiert hat.



Übersicht der Sensoren für die autonomen Fahrfunktionen.

Die Initiativen im Bereich des autonomen Fahrens nehmen weltweit ständig zu, wodurch sich eine neue Epoche unserer automobilgeprägten Gesellschaft abzeichnet. Autonome präventive Sicherheitssysteme gehören mittlerweile zu den Ausstattungsoptionen vieler Fahrzeuge. Wenn sich parallel dazu die Infrastruktur verbessert, steigen sowohl die Zuverlässigkeit als auch der Reifegrad autonomer Fahrfunktio-

nen – und damit das Sicherheitsempfinden des Fahrers.

Autonome Sicherheitstechnologie „Diamond Safety“

Bei der Herstellung automotiver Komponenten stehen für Mitsubishi Electric die Kunden und deren Sicherheit an erster Stelle. Unter dieser Prämisse entwickelt Mitsubishi Electric die präventive Sicherheitstechnologie „Diamond Safety“, mit der

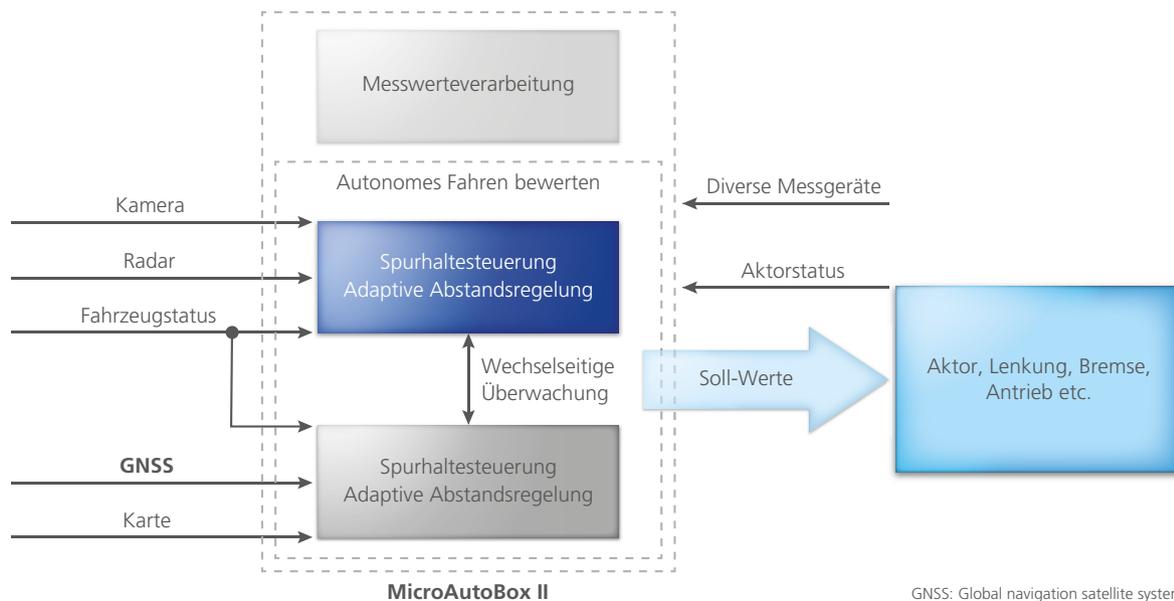
Level 3 des autonomen Fahrens erreicht werden soll. Das Fahrzeug agiert hier bereits sehr selbstständig, jedoch sind in bestimmten Situationen noch Steuereingriffe seitens des Fahrers notwendig. Der Fahrer kann beispielsweise die Augen von der Straße nehmen und das Auto nimmt ihm die nötigen Fahrfunktionen ab, etwa bei Autobahnfahrten. Nach einer Vorwarnzeit von wenigen Sekunden muss der Fahrer allerdings selbst noch eingreifen können. Um die Komponenten dieser präventiven Sicherheitstechnologie zu verifizieren, kommt ein Rapid-Control-Prototyping (RCP)-System von dSPACE – die MicroAutoBox II – zum Einsatz.

Das japanische Quasi-Zenit-Satellitensystem stellt hochgenaue Positionsinformationen bereit.



Satellitengestützte Positionierung

Um den hohen Grad an Präzision und Sicherheit von Level 3 des autonomen Fahrens zu erreichen, werden neben dem autonomen aktiven Sicherheitssystem hochpräzise, zentimetergenaue Positionsinformationen des japanischen Quasi-Zenit-Satellitensystem verwendet.



Konfiguration des Fahrzeugsteuerungssystems.

Das Quasi-Zenit-Satellitensystem (QZSS, genannt „MICHIBIKI“) nutzt mehrere Satelliten, die dieselbe Umlaufzeit haben wie geostationäre Satelliten mit Bahnneigung (deren Umlaufbahn heißt Quasi-Zenit-Orbit). Diese Satelliten befinden sich auf mehreren orbitalen Ebenen, so dass sich immer ein Satellit in Zenitnähe über Japan befindet. Das System ermöglicht eine hochgenaue Satellitenpositionierung, die Japan nahezu

vollständig abdeckt, einschließlich Häuserschluchten und bergigem Gelände. Das QZSS überträgt neben den aktuellen Positionssignalen spezifische Zusatzinformationen (Centimeter Level Augmentation Information) zur Genauigkeitssteigerung. Der erste Satellit zieht seit 2010 seine Bahnen. Ab 2018 wird das System aus drei weiteren Quasi-Zenit-Satelliten und einem geosynchronen Satelliten bestehen. Und im Jahr 2023

wird das System sieben Satelliten mit kontinuierlicher Positionierung umfassen. Mit den Daten aus dem System lässt sich ein Fahrzeug hochgenau und zuverlässig steuern, zum Beispiel bei Spurwechsel- und Spurhaltemanövern.

Systemaufbau der Fahrzeugsteuerung

Die Fahrzeugsteuerung ist vollständig auf der MicroAutoBox II implementiert

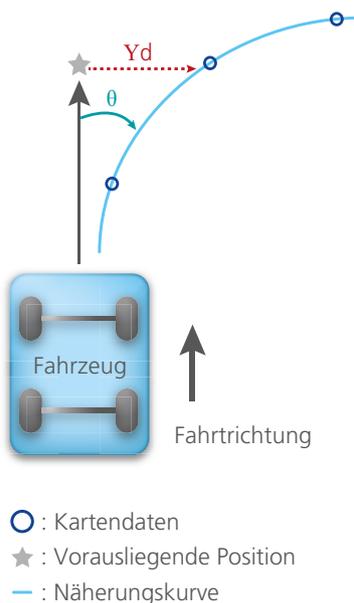
>>

Geräte auf dem Armaturenbrett des autonomen Fahrzeugs.





Autonomes Parken kann mit externen Geräten initiiert werden, zum Beispiel mit einem Smartphone.



Prinzip der lateralen Fahrzeugsteuerung.

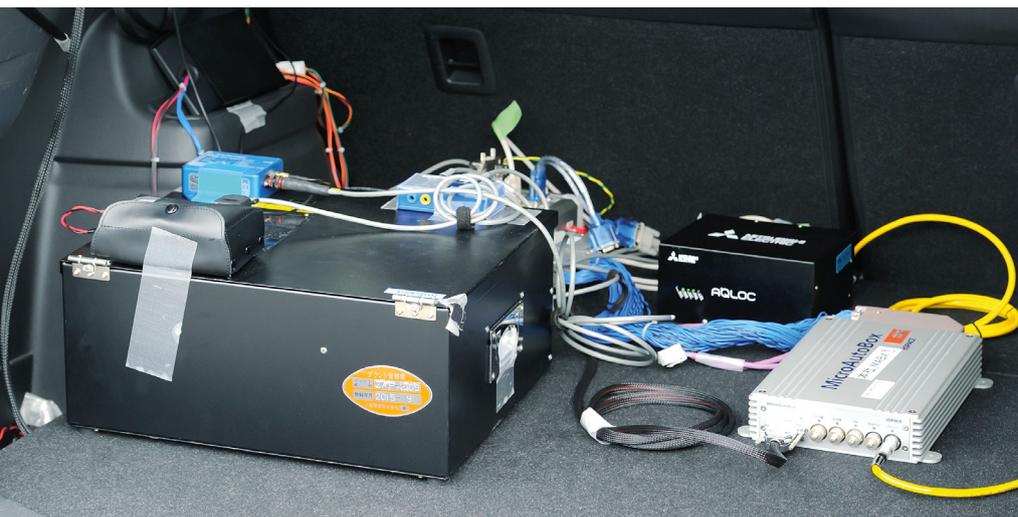
und analysiert eine Vielzahl von Sensor- und Fahrzeugdaten sowie Daten von autonomen und Infrastrukturkomponenten. Dazu gehören Sensoren wie Frontkamera und Millimeterwellenradar sowie Infrastruktursensoren wie hochpräzise GNSS (Global Navigation Satellite System)-Receiver und Karten. Zum Beispiel ermöglicht die Funktion des Spurhaltesystems hochpräzises autonomes Fahren, indem es die von der Frontkamera anhand der Mittellinienerkennung bestimmte Zielfahrspur mit der Zielfahrspur abgleicht, die aus den hochpräzisen Kartendaten und Positionssignalen gewonnen wird. Diese Daten werden durch andere Fahrzeuginformationen wie die Fahrgeschwindigkeit ergänzt und stehen als Eingang für die Ausführung von autonomen Fahrfunktionen und die Betätigung der Aktoren zur Verfügung.

Autonome Fahrzeugsteuerung

Für die Lateralsteuerung des Fahrzeugs wird ein Modell der Geradeausicht verwendet (Abbildung links). Die vorausliegende Position, an der sich das Fahrzeug Sekunden später befinden würde, und die voraussichtliche Fahrstrecke in Form einer Näherungskurve werden verglichen und durch die laterale Abweichung Y_d und den Winkel θ wiedergegeben. Anschließend bestimmen Y_d , θ und weitere Fahrzeuginformationen die Lenksteuerung. Die Fahrzeugsteuerung in Längsrichtung übernimmt das System durch die Antriebs- und Bremssteuerung. Die Geschwindigkeit wird durch Vergleichen der Fahrgeschwindigkeit mit den von der Karte bereitgestellten Geschwindigkeitsbeschränkungen geregelt. Mit Ausnahme der Notbremsung werden die Bremsen so gesteuert, dass sie gleichmäßig verlangsamen. Ein Stopp an einer Kreuzung erfolgt basierend auf den Karteninformationen.

Verifizieren und Steuern mit ControlDesk und MicroAutoBox II

Die Entwicklungswerkzeuge von dSPACE erwiesen sich als sehr nützlich und erlaubten, sowohl die mit MATLAB®/Simulink® entwickelten Regelalgorithmen schnell zu implementieren als auch die Regelparameter online einzustellen, wodurch neue



Die MicroAutoBox II führt zusammen mit anderen Komponenten die autonomen Fahrfunktionen aus.



„Durch den Einsatz von MicroAutoBox II und ControlDesk können wir Tests besonders effizient durchführen und auswerten.“

Kazuo Hitosugi, Mitsubishi Electric Corporation

Lösungsansätze sofort getestet werden konnten. Diese Optionen sind besonders hilfreich, je komplexer ein System ist. Sie unterstützen beim Anschließen verschiedener Sensoren, die zum Verifizieren von Funktionen benötigt werden, und zum Kompensieren von Kommunikationslatenzen. Die Anzahl der zu verifizierenden Funktionen wird deutlich reduziert,

genauso wie das inhaltliche Volumen, dessen Analyse sehr ressourcen- und zeitintensiv wäre. Beim Betrieb eines mit dem RCP-Equipment ausgestatteten Fahrzeugs erlaubt die Experimentier-Software dSPACE ControlDesk das Überwachen verschiedener Parameter von einem Bildschirm aus, zum Beispiel das Ein-/Ausschalten der Fahrzeugsteuerungen und das Überwachen

von Ein-/Ausgangswerten verschiedener Schnittstellen und Messdaten. Aufgrund der zahlreichen Schnittstellen ist die MicroAutoBox II nicht nur einfach im Fahrzeug zu handhaben, sondern ermöglicht es, weitere Messgeräte in Echtzeit zu überwachen, was jede Evaluierung vereinfacht. ■

Hideyuki Tanaka, Mitsubishi Electric Corporation

Das Entwicklerteam von Mitsubishi Electric für das Lenksystem des autonomen Fahrzeugs.

Hinten (von links nach rechts): Yu Takeuchi, Kenta Katsu, Yuji Shimizu, Kazuo Hitosugi, Takatoshi Kakuta, Tsuyoshi Kichise. Vorne (von links nach rechts): Kazuhiro Nishiwaki, Hideyuki Tanaka (Senior Manager), Toshihide Satake, Michitoshi Azuma, Rei Yoshino



Ausblick und Fazit

Die Sicherheitstechnologie „Diamond Safety“ hat mittlerweile einen hohen Reifegrad und Funktionsumfang erreicht. Autonomes Fahren konnte auf verschiedenen Teststrecken erfolgreich demonstriert werden. Schrittweise werden einzelne Sicherheitsfunktionen der Technologie in die Serie übernommen. Wir möchten die Entwicklung der anspruchsvollen Funktionen für autonomes Fahren noch weiter verfeinern und setzen dazu weiterhin auf Produkte von dSPACE.