



Konnektivität



Assistenzsysteme

Fahrstilerkennung



# Systemadaption als Schlüssel für das automatisierte Fahren

Bertrandt hat das Zusammenwirken von Mensch und Maschine auf Basis einer Fahrercharakterisierung optimiert. Das Ergebnis zeigt, dass die Erkennung von Umfeldbedingungen eines Fahrzeugs ebenso wie dessen Adaption an den Fahrer zwei wichtige Bausteine des vollautomatisierten Individualverkehrs bilden. Die Fahreradaptation soll in Zukunft dazu beitragen, die Akzeptanz der Fahrerassistenzsysteme zu steigern und automatisiertes Fahren zum festen Bestandteil des täglichen Lebens werden zu lassen.



© Bertrand

## AUTOREN



**Dipl.-Ing. Ulrich Haböck**  
ist Teamleiter und Projektleiter für Fahrerassistenzsysteme bei Bertrand in Regensburg.



**Janina Klier, B.Sc.**  
ist Projektleiterin und Testmanagerin für Fahrerassistenzsysteme bei Bertrand in Regensburg.



**Dipl.-Ing. Jochen Schwenninger**  
ist Funktionsentwickler für Fahrerassistenzsysteme bei Bertrand in Regensburg.



**Stefan Maier, MCSE, MCITP**  
ist Smart Data System Architect und Entwicklungsingenieur bei Bertrand in Regensburg.

## STATUS QUO

Fahrerassistenzsysteme sollen den Fahrer bei Längs- und Querverführung unterstützen und ihm eine sichere und komfortable Reise bieten. Eines der bekanntesten Systeme ist die Geschwindigkeitsregelanlage, die die vom Fahrer eingestellte Geschwindigkeit konstant regelt. Eine Weiterentwicklung ist die automatische Distanzregelung. Mithilfe von Radarsensoren werden vorausfahrende Fahrzeuge erkannt und der vom Fahrer gewählte Abstand eingehalten. Dabei werden üblicherweise der Gegenverkehr sowie stehende Hindernisse ausgeschlossen. Verwendet man zusätzlich die Auswertung prädiktiver Streckendaten, ist es heute schon möglich, die Geschwindigkeit des Fahrzeugs an die Straßentopologie und deren Geometrie anzupassen. Diese zukunftsweisende Entwicklung ermöglicht dem System, auch bei deaktivierter Zielführung autonom auf Kurven und Steigungen zu agieren, sodass effizienter und spritsparend gefahren werden kann.

Neben der Straßentopographie – Kurven, Kreisverkehre, Kreuzungen, Gefälle und Steigungen – werden mithilfe von Kartendaten und Kamerasensoren Geschwindigkeitsbeschränkungen erkannt. Die prädiktive automatische Distanzregelung reagiert demgemäß auf vorausliegende Straßenabschnitte mit angepasster Geschwindigkeit, sodass der Fahrer eine stressfreie Fahrt ohne eigene Intervention erleben kann. Um einen komfortablen und reibungslosen Übergang in unterschiedliche Geschwindigkeitsbereiche zu ermöglichen, die durch die Straßentopographie und Geschwindigkeitsbeschränkungen definiert sind, steuert das System ein ideales Zusammenspiel aus Brems-, Beschleunigungs-, Schlepp- und Segelvorgang an, **BILD 1**.

Allerdings haben manche Fahrer bei teilautomatisierter Regelung das Gefühl, ihre eigenen Fahrgewohnheiten aufgeben zu müssen und fühlen sich vom System unverstanden. Studien – wie von Forsa [1] oder Puls Marktforschung [2] – haben gezeigt, dass das herkömmliche Fahren im Vergleich zum automatisierten Fahren nach wie vor bevorzugt wird. Trotzdem wurde die Entwicklung selbstfahrender Automobile in der Gesellschaft innerhalb der letzten drei Jahre zunehmend positiv beurteilt. Um die Akzeptanz von Fahrerassistenzsystemen zu steigern und das



**BILD 1** Die Weiter- und Neuentwicklung von Fahrerassistenzsystemen sowie die Ausweitung der Einsatzgebiete sind ein wichtiger Schritt auf dem Weg zum automatisierten Fahren © Bertrandt



Vertrauen der Fahrzeuginsassen zu gewinnen, sollte der Fahrer in die Regelung einbezogen werden. Hierzu werden Umfelddaten des Fahrzeugs und der Fahrstil des Fahrers analysiert, damit das Fahrerassistenzsystem an das Verhalten des Fahrers angepasst werden kann. Durch intuitive Interaktion mit dem Assistenzsystem und dessen verbesserter Reaktion auf neue Situationen fühlt sich der Fahrer vom Fahrzeug „verstanden“, die gefühlte Zuverlässigkeit steigt.

**ADAPTION DES FAHRERASSISTENZSYSTEMS**

Bei der Adaption des Fahrerassistenzsystems geht es um die drei Aspekte Umfelddetektion und -analyse, Fahrstilanalyse und Fahreradaptation.

Der erste Teil erfolgt bei der Umfeld-detektion und -analyse durch Datenfusion und „Datenveredelung“. Die Veredelung dient dazu, die Menge der Umfelddaten zu bündeln und logisch zu verknüpfen, um einen höheren Informationsgehalt (Smart Data) zu generieren. Hierfür werden beispielsweise Radar, Kamera und Beschleunigungssensoren verwendet. Aus diesen unterschiedlichen Sensorsignalen werden Straßengegebenheiten, Verkehrsinformationen und Tages- sowie Jahreszeiten abgeleitet. Als Konsequenz kann das Assistenzsystem zum Beispiel bei schlechter Sicht den Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug vergrößern oder die Kurvengeschwindigkeit bei Schnee reduzieren, **BILD 2**.

Der zweite Teil der Adaption befasst sich mit der Fahrstilanalyse. Sie ermöglicht es, den Fahrer durch Schlüsselattribute wie Sportlichkeit, Sicherheits-

**BILD 2** Die drei Bausteine zur Adaption des Fahrerassistenzsystems an den Fahrer: Fahrstilanalyse – Fahreridentifikation – Umfelderkennung und -bewertung © Bertrandt



**BILD 3** Beispielhafte Visualisierung des Fahrzeugzustands im Kombiinstrument inklusive aktueller Wetterdaten und der zukünftigen Aktionen, wie Kurven und Geschwindigkeitsbegrenzungen; hervorzuheben ist die Darstellung des erkannten Fahrstils in den Farben Magenta (Sicherheitsbewusstsein), Blau (Sportlichkeit) und Gelb (Energieeffizienz) © Bertrandt

bewusstsein und Energieeffizienz zu charakterisieren. Für die kontinuierliche Erkennung des Fahrstils wird das Verhalten des Fahrers in definierten Situationen beobachtet. Dazu werden unterschiedliche Messdaten verwendet – beispielsweise der Beschleunigungsverlauf aus dem Stand, die durchschnittliche Geschwindigkeit während freier Fahrt auf einer nicht geschwindigkeitsbegrenzten Autobahn, die gemittelte Querschleunigung bei Kurvenfahrt sowie der Verlauf des Abstands zu einem vorausfahrenden Fahrzeug.

Mithilfe von Algorithmen werden beim dritten Teil der Fahreradaptation die erfassten Umfeldinformationen und die analysierten Daten des Fahrstils zusammengeführt. Aus der Kombination und dem Zusammenspiel beider Bereiche kann das Fahrerassistenzsystem damit an den Fahrer adaptiert werden. Das Ziel: Fahrerassistenzsysteme sollen sich in unterschiedlichen Situationen so verhalten, wie der Fahrer selbst reagiert hätte. Somit fühlt er sich „verstanden“, **BILD 3**.

Ein Teil dieser Analysen wird in Echtzeit im Fahrzeug durchgeführt, damit jederzeit auf neue Rahmenbedingungen reagiert werden kann. Insbesondere lassen sich für vordefinierte Situationen Schwellwerte einstellen, deren Überschreitung ein starkes Indiz für einen bestimmten Fahrstil ist. Um eine tiefergehende Analyse des persönlichen Fahrstils außerhalb dieser Situation und unter Einbeziehung des Umfelds realisieren zu können, benötigt man Verfahren aus dem Data Mining und dem Machine Learning, die einen hohen Rechenaufwand erfordern. Zudem ist der Zugriff auf eine Vielzahl von Historiendaten notwendig, weshalb eine Berechnung auf typischen Steuergeräten im Fahrzeug selbst nicht möglich ist.

Dafür bietet der Ansatz der Auslagerung von zeitunkritischen Operationen auf ein Backend eine Vielzahl von Vorteilen: So lässt sich etwa durch eine Diskriminanzanalyse für jeden Fahrer separat feststellen, welche externen Einflussgrößen sein Fahrverhalten am stärksten beeinflussen. Auch sein grundlegendes Fahrverhalten lässt sich durch die Verwendung von langen Aufzeichnungen exakter identifizieren, selbst wenn der Fahrer kurzfristig einen anderen Fahrstil zeigt. Mithilfe von Clusteranalysen kann schließlich in einem weiteren Schritt der aktuelle

Fahrer mit verschiedene Fahrstilen verglichen werden, um Voraussagen für sein eigenes Verhalten in neuen Situationen treffen zu können – und das sogar dann, wenn von ihm noch keine Daten zu diesen Situationen vorliegen. So kann zum Beispiel für einen typischerweise vorsichtigen Fahrer, der im Winter mit seinem Automobil unterwegs ist, die Kurvengeschwindigkeit bei Schneefall stärker als der Durchschnittswert aller

Fahrer reduziert werden, **BILD 4**. Die auf diese Weise gewonnenen Erkenntnisse bilden eine Art Langzeitprofil, das den Fahrer beschreibt und sich nur sehr langsam ändert. Da die Fahrweise bei jeder Fahrt aber auch vom momentanen psychischen Zustand des Fahrers beeinflusst wird, wird dieses Profil im Fahrzeug mit kurzfristigen Beobachtungen kombiniert, die eine rasche Anpassung ermöglichen, **BILD 5**.



## “Mit dem weltweit ersten, dualen Display-Innenspiegel leistet Gentex Pionierarbeit.”

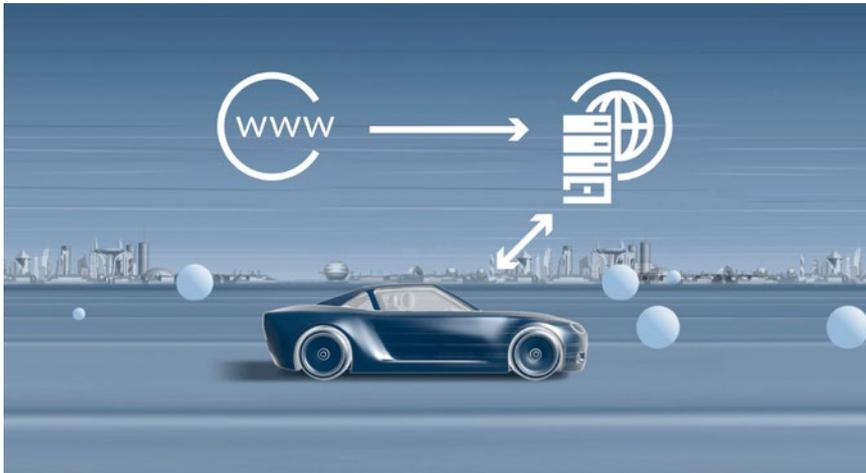
Der Gentex Full Display Mirror™ (FDM™) ist ein intelligentes System, das eine handelsübliche Kamera und ein im Spiegel integriertes Display kombiniert und somit die Sicht nach hinten verbessert. Es ist auf Wunsch ein Spiegel... oder wenn benötigt ein klares, helles Panoramadisplay.

Es ist das Ergebnis jahrelanger Forschung in den Bereichen Elektronik, Optik, Software, Kameras und Displays.

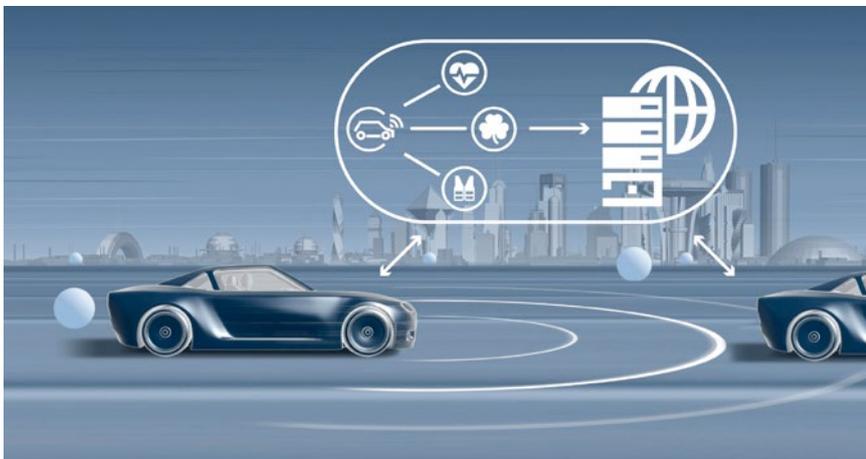
Der Spiegel wird bei Gentex immer wieder neu erfunden. Mit dem Full Display Mirror™ (FDM™) definiert Gentex die Sicht nach hinten vollkommen neu.

Das dazugehörige Video finden Sie auf [gentex.com/fdm](http://gentex.com/fdm).





**BILD 4** Zur weiteren Veredelung der Daten aus dem Fahrzeug am Backend werden Informationen aus dem World Wide Web benötigt, wie zum Beispiel Verkehrs- oder Wetterinformationen (© Bertrand)



**BILD 5** Sportlich, sicherheitsbewusst oder energieeffizient unterwegs? Um den individuellen Fahrstil zu definieren werden die übliche Fahrzeugarchitektur um ein Backend erweitert, auf dem zeitunkritische Berechnungen durchgeführt werden (© Bertrand)

## BACKEND UND DATENSICHERHEIT

Da die derzeitige Rechenleistung der Steuergeräte im Fahrzeug für die Aufbereitung der Daten und die unterschiedlichen Berechnungen der Algorithmen nicht ausreicht, ist eine moderne Fahrzeugarchitektur notwendig, die auch ein leistungsstarkes Rechenzentrum (Backend) beinhaltet. Zunächst werden die Daten am Fahrzeug erfasst, fusioniert, veredelt und bestimmte zeitkritische Berechnungen durchgeführt. Diese Informationen werden gesammelt an das Backend gesendet, um die aufwendigen und zeitunkritischen Berechnungen für die Adaption durchzuführen. Dabei bleibt das System im Fahrzeug auch ohne die Verbindung zu einem Server jederzeit funktionsfähig. Diese Anforderung der funktionalen Sicherheit muss bereits beim Entwurf der Systemarchitektur beachtet werden. Die Vorteile, Daten auf ein Backend zu transferieren,

liegen in der Erhöhung der Leistungskapazität, bei der das Fahrzeug an seine Grenzen stößt, sowie in der Hochverfügbarkeit und dynamischen Skalierung. Eine Skalierung am Backend kann wesentlich schneller umgesetzt werden, als an und in einem Fahrzeug, in dem sämtliche Steuergeräte verbaut sind. Stichworte hierfür sind Virtualisierung und Hardwareerweiterungen im vollen Betrieb. Ebenso beinhaltet ein Backend Eigenschaften von einer dynamischen Bandbreitenanpassung bis hin zu Geo-Redundanz für Hochverfügbarkeitssysteme. Auch Gedanken über Elementarschäden der Serverinfrastruktur müssen bei der Konzeption einbezogen werden, sodass Systeme im Fahrzeug zuverlässig versorgt werden können. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass die Daten jederzeit wieder abrufbar und vor Ausfall geschützt sind.

Im Backend finden unter Anwendung diverser Algorithmen automatisierte

Analysen statt, um für jeden Fahrer ein Langzeitprofil zu berechnen. Dabei entsteht durch die Kombination der separat erstellten Profile eine Schwarmintelligenz, von der wiederum jedes einzelne Fahrzeug profitiert – am Ende insbesondere der Fahrer.

Durch die Backend-IT-Struktur des Fahrzeugs ergeben sich nahezu unendliche Möglichkeiten, Daten zu plausibilisieren und die Schwarmintelligenz weiter lernen zu lassen. So ist es möglich, Daten direkt vom Fahrzeug mit Wetterdaten, Staudaten und vielem mehr abzugleichen. Beispielsweise kann temporär die Geschwindigkeit aller Fahrzeuge in einer Region reduziert werden, wenn bereits dort fahrende Automobile auffällig langsam sind und der Wetterbericht vor Blitzeis warnt.

Um eine Verarbeitung von Massendaten (Big Data) handhabbar zu machen, werden durch Filter im Fahrzeug, Algorithmen am Kommunikationssteuergerät

und das Backend die Daten zu „Smart-Data“ veredelt. Dieser Prozess dient der Optimierung des Datenverkehrs und der Sicherheit.

Der Aspekt des Datenschutzes und der Datensicherheit (Security) spielt hierbei eine große Rolle, da ein Angriff in der Datenstrecke zwischen Fahrzeug und Backend verhindert werden muss. Ein unautorisierter Zugriff könnte zu einer Fremdsteuerung des Fahrzeugs, zu einer falschen Regelung oder zum Diebstahl sensibler Daten führen. Das Ziel ist, die Manipulation der Informationen durch Unbefugte zu vermeiden und hierdurch das Vertrauen in die Zuverlässigkeit der Datenverarbeitung zu stärken. Dieses Ziel wird durch gesetzliche Vorgaben, Anonymisierung am Fahrzeug, Datenvorhaltung und Datenspeicherung vorangetrieben. Deswegen muss dieses Thema bereits mit dem Start der Entwicklung umsichtig und unter Abwägung von Risiken und Funktionsumfang betrachtet werden.

#### WEG ZUM AUTOMATISIERTEN FAHREN

Aktuell führt Bertrandt eine Studie in Zusammenarbeit mit einer Technischen Hochschule durch. Bei dieser Studie wird überprüft, wie sehr die Selbsteinschätzung von Fahrern bezüglich ihres eigenen Fahrstils mit einer externen Beurteilung sowie mit fahrdynamischen Kenngrößen übereinstimmt. Mithilfe der Adaption an den Fahrer und dem damit einhergehenden Aufbau der Datensicherheit wird es in Zukunft möglich sein, die Akzeptanz der Fahrerassistenzsysteme in der Gesellschaft zu steigern. Diese Schlüsseltechnologie ist wichtig, um automatisiertes Fahren in Zukunft zu einem festen Bestandteil des täglichen Lebens werden zu lassen.

#### LITERATURHINWEISE

[1] N. N.: Forsa-Studie: Deutschland mobil 2015. Im Auftrag von CosmosDirekt. Im September 2015 wurden 2006 Autofahrer ab 18 Jahren befragt. Pressemitteilung vom 13. Oktober 2015

[2] N. N.: Puls-Marktforschung: Deutschlands Autofahrer freunden sich mit autonomen Fahrfunktionen an. Repräsentative Studie bei 1003 Autokäufern zur Akzeptanz autonomer Fahrzeuge. Pressemitteilung vom 20. März 2015



#### READ THE ENGLISH E-MAGAZINE

Test now for 30 days free of charge:  
[www.atz-worldwide.com](http://www.atz-worldwide.com)

# ATZ live

## Antriebs- und Fahrzeugtechnik im Gespräch



#### FACHKONFERENZEN FÜR FAHRZEUG- UND MOTORENINGEURE

- Gesamtfahrzeug
- Motor und Antriebsstrang
- Chassis und Fahrerassistenz
- Karosserie und Akustik
- Elektromobilität

AKTUELLE TAGUNGSPROGRAMME  
[www.ATZlive.de](http://www.ATZlive.de)