



# Entwicklungen unter dem elektronischen Horizont

Eine durchgängige Entwicklungsumgebung für  
kartenbasierte Fahrerassistenzsysteme



Moderne, kartenbasierte Fahrerassistenzsysteme sind ein Lösungsansatz für die Herausforderungen des Straßenverkehrs von morgen. Für ihre effiziente Entwicklung bedarf es einer Werkzeugkette, in der in allen Entwicklungsphasen flexibel und konfigurierbar auf Kartendaten zugegriffen werden kann. NAVTEQ und dSPACE haben ihre Entwicklungswerkzeuge für diese Aufgaben aufeinander abgestimmt.





### Der Straßenverkehr von morgen

Die Automobilindustrie steht in der Zukunft vor großen Herausforderungen. Eine hohe Verkehrsdichte, Stress und Reizüberflutung des Fahrers erschweren zunehmend die Fahrzeugführung und die Übersicht im Straßenverkehr. Aufgrund des demographischen Wandels steigt gleichzeitig der Anteil älterer Verkehrsteilnehmer. Neben dem Thema Verkehrssicherheit steht auch die Reduktion des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes im Mittelpunkt vieler Diskussionen.

### Motivation für Fahrerassistenzsysteme

Moderne Fahrerassistenzsysteme stellen einen wichtigen Lösungsansatz für diese Herausforderungen dar. Sie helfen dem Fahrer, jederzeit den Überblick im Straßenverkehr zu behalten und können einen signifikanten Beitrag für mehr Sicherheit und Energieeinsparung leisten. Grundlage vieler heutiger Fahrerassistenzsysteme ist die zuverlässige

Erkennung der unmittelbaren Fahrzeugumgebung. Informationen von Radar-, Kamera- oder Ultraschallsensoren bilden dabei die Basis vieler Anwendungen, zum Beispiel beim Abstandsregeltempomat, dem Spurhalteassistenten oder der Einparkhilfe. Zukünftige Fahrerassistenzsysteme (FAS; engl. Advanced Driver Assistance Systems, ADAS) werden stärker und autonomer in das Fahrgeschehen eingreifen. Beispielsweise werden sie Brems- und Lenkmanöver beeinflussen und dadurch den Fahrer im Straßenverkehr deutlicher unterstützen.

### Kartenbasierte Fahrerassistenzsysteme

Eine zentrale Überlegung bei zukünftigen Fahrerassistenzsystemen ist es, nicht nur den Nahbereich des Fahrzeugs zu erfassen, sondern auch Informationen über den bevorstehenden Streckenverlauf auf Basis von hochwertigen digitalen Karten und der aktuellen Fahrzeugposition

zu berücksichtigen. Detailwissen über die unmittelbar vorausliegende Fahrstrecke wie Straßensteigungen, Kurvenradien oder Geschwindigkeitsbegrenzungen bietet Potential für eine Vielzahl von Anwendungen zur Erhöhung der Fahrsicherheit und der CO<sub>2</sub>-Reduktion. Beispiele dafür sind prädiktive Abstandsregeltempomaten, Überhol- und Kurvenwarnassistenten oder intelligente Konzepte zum Energie- und Wärmemanagement (Looking forward, BMW Group, Seite 14). Diese Systeme werden als kartenbasierte Fahrerassistenzsysteme bezeichnet.

### Grundlagen – Der elektronische Horizont und der Most Probable Path

Um Fahrerassistenzsystemen Informationen über die vorausliegende Strecke zur Verfügung zu stellen, bedarf es eines auswertbaren, elektronischen Horizonts. Diesen kann man sich als einen virtuellen Sensor

*Kartenbasierte Fahrerassistenzsysteme greifen auf die Kartenattribute der wahrscheinlichsten, vorausliegenden Route (Most Probable Path) zu und steuern vorausschauend unterschiedliche Fahrzeugfunktionen.*



Digitale Karte

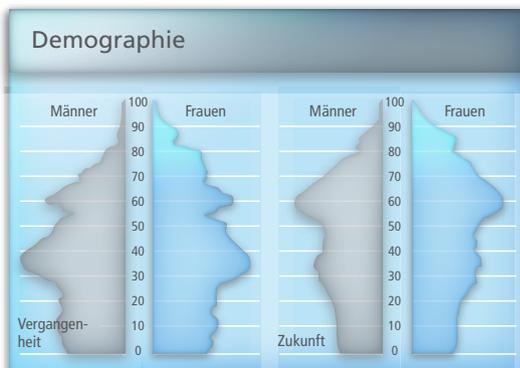
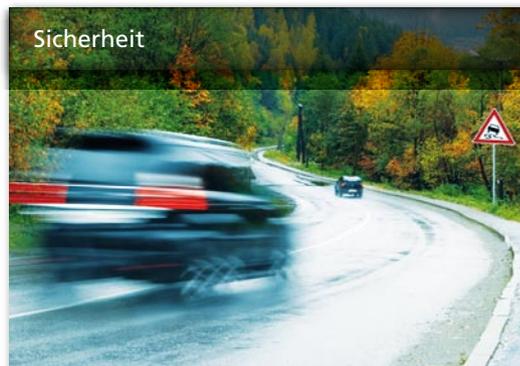
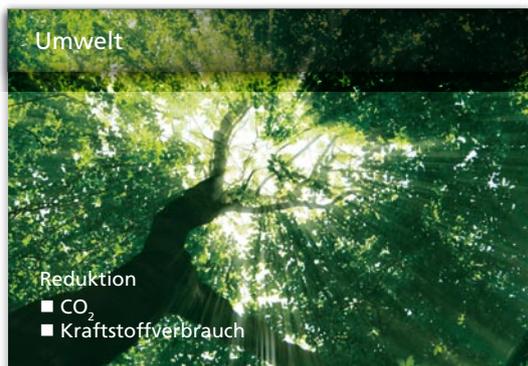


Elektronischer Horizont

- Fahrbahnsteigungen
- Kurvenradien
- Tempolimits
- Fahrspuren



Fahrzeug



Wie sich die Mobilität in der Zukunft entwickelt, wird besonders durch die Leitthemen Umwelt, Sicherheit, Verkehrsdichte und Demographie bestimmt.

vorstellen, der auf Basis von Kartendaten eines digitalisierten Straßennetzes, der aktuellen Fahrzeugposition und der Fahrtrichtung Informationen über die Umgebung des Fahrzeugs bereitstellt. Dies sind sowohl topografische Daten wie Höhen und Radien als auch Infrastrukturdaten wie Verkehrszeichen oder die Anzahl der Fahrspuren. Ein Horizont-Provider stellt diesen elektronischen Horizont zyklisch zur Verfügung; er ermittelt dazu ständig die vorausliegende Route, auf der sich das Fahrzeug voraussichtlich bewegen wird. Diese Route wird als Most Probable Path (MPP) bezeichnet. Hat der Fahrer im Navigationsgerät eine Route ausgewählt, wird diese als MPP verwendet. Ist die Navigation nicht aktiviert, wird der MPP durch verschiedene heuristische Verfahren ermittelt. Die Algorithmen verwenden statische Kartenattribute sowie dynamische Größen wie Geschwindigkeit oder Blinker. Diese Methode wird auch verwendet, wenn statt eines Navigationsgerätes

## Die dSPACE-Werkzeugkette unterstützt eine durchgängige Entwicklung von kartenbasierten Fahrerassistenzsystemen.

ein kostenoptimiertes Spezialsteuergerät ohne Bedienschnittstelle eingesetzt wird.

Die Fahrerassistenzfunktionen erhalten die Attribute des elektronischen Horizonts und werten diese aus. Beispielsweise nutzt ein vorausschauendes Energiemanagement Steigungsinfos und Geschwindigkeitsbegrenzungen, Adaptive Scheinwerfersysteme und Kurvenwarnassistenten werten die Kurvenradien aus.

### Toolkopplung NAVTEQ-dSPACE

Für die schnelle Umsetzung von Konzeptideen, deren Erprobung im Fahrzeug und den Test der Seriensoftware sind geeignete Werkzeuge erforderlich. Die Firmen NAVTEQ und dSPACE bieten im Zusammenhang mit kartenbasierten Fahrer-

assistenzsystemen eine gemeinsam abgestimmte Entwicklungs- und Testumgebung.

### Entwicklungsumgebung NAVTEQ ADAS RP

Die ADAS Research Platform (ADAS RP) von NAVTEQ ist eine Entwicklungsumgebung für kartenbasierte Fahrerassistenzsysteme, die auf Windows®-PCs arbeitet. ADAS RP bietet grundlegende Funktionen wie die Visualisierung von Karten, die Routenplanung und die Darstellung der Fahrzeugposition in Bezug auf die digitale Karte. Es arbeitet ebenfalls als Horizont-Provider und versendet den MPP samt ausgewählten Attributen zum Beispiel per Netzwerkdienst. Die Entwicklungsumgebung kann durch Plug-ins an anwendungsspezifische Anforderungen angepasst

werden, um beispielsweise den MPP per proprietäres Protokoll zu versenden.

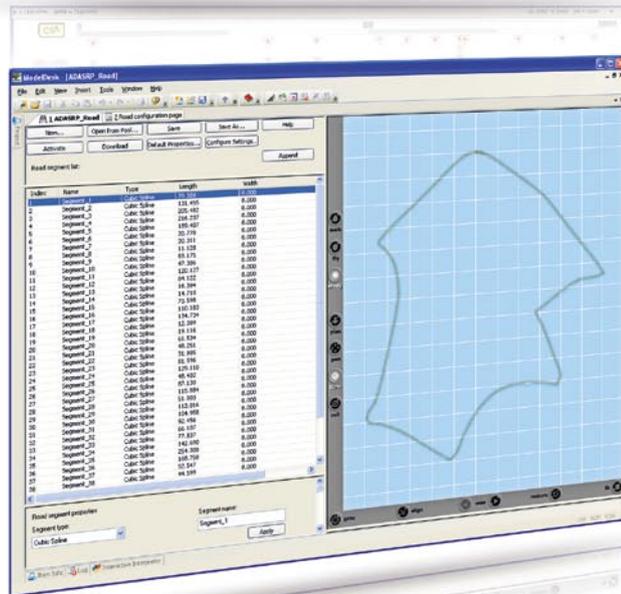
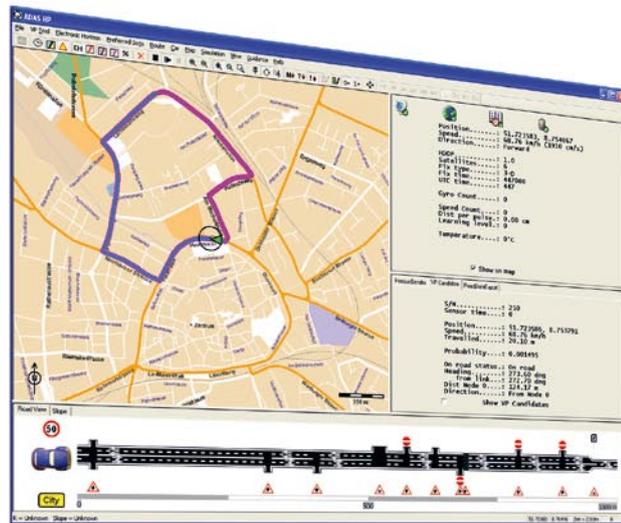
**dSPACE-Werkzeugkette für kartenbasierte Fahrerassistenzsysteme**

Die dSPACE-Werkzeugkette unterstützt die modellbasierte Softwareentwicklung von kartenbasierten Fahrerassistenzsystemen in wesentlichen Entwicklungsphasen. Dazu wurde ein Simulink-Blockset erstellt, das den Datenaustausch mit ADAS RP durchführt und sowohl für PC-Simulationen als auch für Echtzeitanwendungen eingesetzt werden kann. Unter anderem werden folgende Entwicklungsphasen unterstützt:

- Funktionsentwicklung und Offline-Simulation auf dem PC mit den Automotive Simulation Models (ASM) und der Parametrierungssoftware ModelDesk
- Rapid Control Prototyping (RCP) im Fahrzeug mit der MicroAuto-Box oder AutoBox
- Steuergerätestest per Hardware-in-the-Loop (HIL)-Simulation mit dem dSPACE Simulator und ASM

**Kopplung der Entwicklungswerkzeuge**

Die Kopplung der dSPACE-Werkzeuge mit ADAS RP erfolgt sowohl über



Eine Route aus NAVTEQ ADAS RP (oben) wurde als Trasse nach dSPACE ModelDesk (unten) exportiert.

**Sinisa Durekovic, NAVTEQ**

Wir bedanken uns bei Herrn Sinisa Durekovic von NAVTEQ für die freundliche Unterstützung bei der Bearbeitung dieses Themas. Herr Durekovic leitet die anwendungsspezifische Weiterentwicklung von ADAS RP bei NAVTEQ in Sulzbach am Taunus, Deutschland.



Dateiexport als auch per UDP/IP (User Datagram Protocol/Internet Protocol)-Netzwerkprotokoll. Beispielsweise kann eine Navigationsroute als Trasse für die Fahrsimulation exportiert werden. Während der Simulation (PC/HIL) oder beim Rapid Control Prototyping werden Daten bidirektional über UDP/IP ausgetauscht. Die Empfänger-Funktionsblöcke des ADAS RP Blocksets von

dSPACE stellen den von ADAS RP empfangenen elektronischen Horizont im Simulink-Modell zur Verfügung. Die Sender-Funktionsblöcke übertragen die mit ASM simulierte Fahrzeugposition als GPS-Koordinaten an ADAS RP. Mit den Sender-Funktionsblöcken wird ebenfalls im RCP-Anwendungsfall die im Fahrzeug erfasste Fahrzeugposition an ADAS RP übermittelt. ■

# Anwendungsbeispiele

Ein durchgängiger Entwicklungsprozess für kartenbasierte Anwendungen

## Funktionsentwicklung und PC-Simulation

### Aufgabe

Im Rahmen der modellbasierten Funktionsentwicklung sollen neue Funktionen frühzeitig in einer virtuellen Umgebung ausprobiert und getestet werden. Für die Simulation neu entwickelter Funktionen kartenbasierter Assistenzsysteme bedarf es dazu eines virtuellen Fahrzeugs und einer virtuellen Umgebung, bestehend aus Straßen und gegebenenfalls anderen Verkehrsteilnehmern.

### Entwicklungsumgebung

Das Fahrsimulationsmodell ASM VehicleDynamics ist ein offenes MATLAB/Simulink-Modell. Es ist mit der grafischen Parametriersoftware

ModelDesk ausgestattet, um Fahrzeuge, Straßen und Manöver zu definieren und zu konfigurieren. Die Entwicklungsumgebung ADAS RP stellt den elektronischen Horizont zur Verfügung. Beide Werkzeuge sind per Netzwerkdienst gekoppelt und können zusammen auf einem Windows-PC betrieben werden.

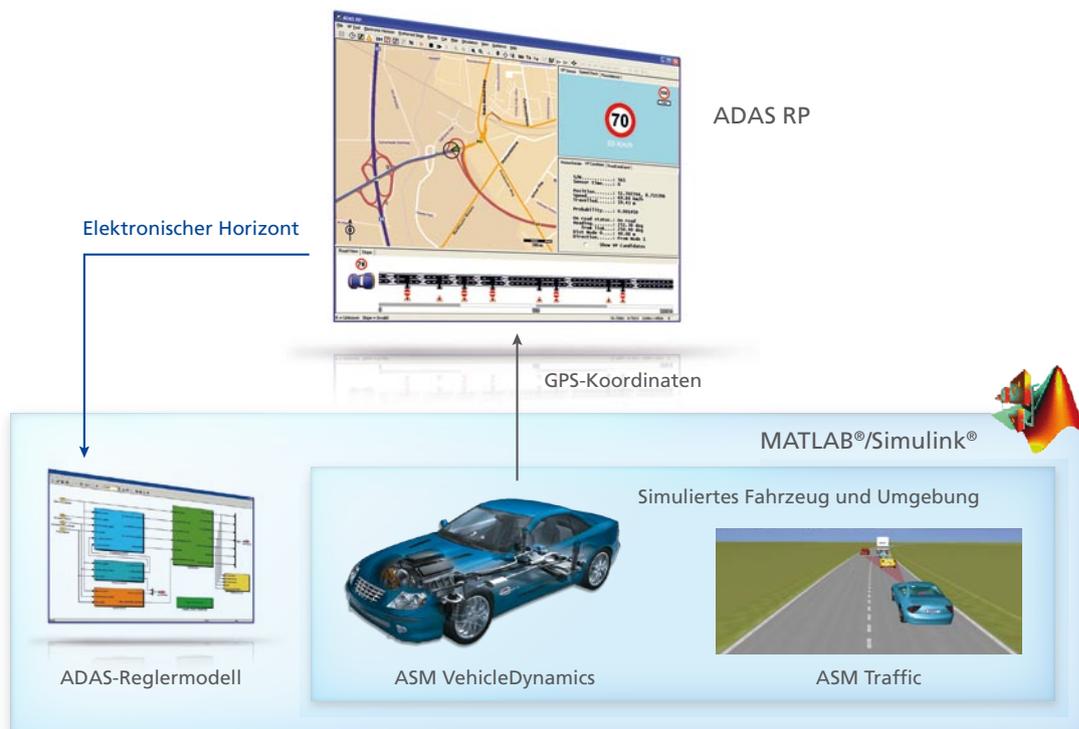
### Rollen und Signale

Eine in ADAS RP definierte Route wird nach ASM VehicleDynamics exportiert und steht dort als Trasse für die Simulation zur Verfügung. Während der Fahrsimulation folgt das Fahrzeug der Trasse mit einer variablen, vom Manöver vorgegebenen Ge-

schwindigkeit. Seine Position wird zyklisch in Form von GPS-Koordinaten an ADAS RP übermittelt. Für diese Koordinaten ermittelt ADAS RP den elektronischen Horizont und verschickt diesen an das Simulationsmodell. Die Attribute des elektronischen Horizonts stehen dem FAS-Algorithmus zur Auswertung zur Verfügung.

### Vorteile

- Nutzung von Kartendaten in frühen Entwicklungsphasen
- Fahrsimulationen auf realistischen Trassen



# Anwendungsbeispiele

## RCP – Funktionsentwicklung und -tests im Fahrzeug

### Aufgabe

Entwicklung, Erprobung und Optimierung der Software für kartenbasierte FAS im Fahrzeug. Dazu muss der FAS-Prototyp wie ein reales Steuergerät im Fahrzeug integriert sein und mit den dort vorhandenen Bussystemen (z. B. Fahrzeug-CAN) kommunizieren. Der elektronische Horizont muss flexibel konfigurierbar zur Verfügung stehen.

### Entwicklungsumgebung

Die MicroAutoBox und die AutoBox sind kompakte Prototyping-Lösungen, mit denen rechenintensive Embedded Software ausgeführt und im elektrischen System eines Fahrzeugs integriert werden kann. Sie können mit allen Schnittstellen konfiguriert

werden, die für kartenbasierte Assistenzsysteme erforderlich sind. Üblicherweise liefern die Sensoren des Fahrzeugs die GPS-Koordinaten. Falls erforderlich kann eine Sensorbox mit hochgenauer Sensorik zur Positionsbestimmung (GPS-Antennen, Gyroskopen) eingesetzt werden. ADAS RP wertet diese Positionsdaten aus und stellt den elektronischen Horizont für die reale Fahrzeugposition zur Verfügung.

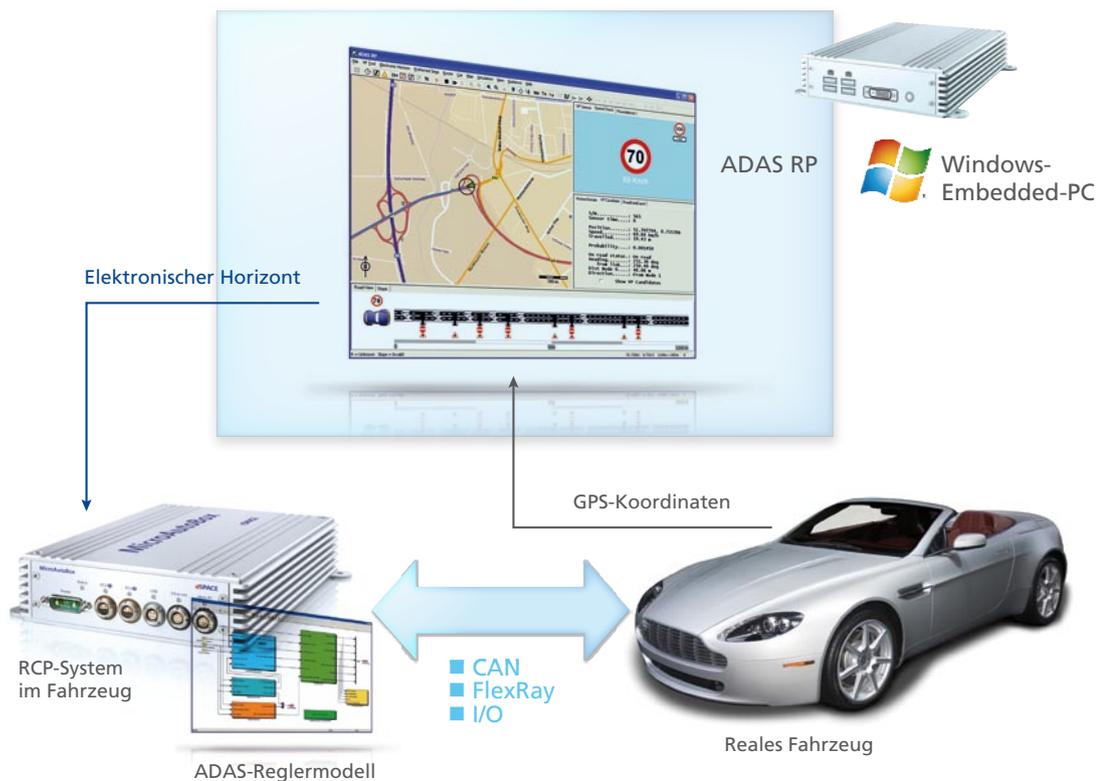
### Rollen und Signale

Über die im Fahrzeug verbaute Sensorik oder eine spezielle Sensorbox (z. B. von der Firma NAVTEQ) werden positionsrelevante Daten ermittelt und an ADAS RP übertragen. Dort wird die Fahrzeugposition in die digi-

tale Karte eingepasst und dann einmal pro Sekunde der elektronische Horizont (MPP + Streckenattribute) verschickt. Das über Ethernet verbundene dSPACE-System empfängt die Daten und dekodiert sie mit dem ADAS-RP-Blockset. Sie stehen dann für den zu erprobenden Algorithmus auf der MicroAutoBox oder AutoBox zur Verfügung.

### Vorteile

- Frühzeitige Erprobung und Optimierung kartenbasierter Assistenzsysteme unter realen Fahrbedingungen
- Test der Kommunikation im Fahrzeug-E/E-System



## Steuergerätetest per HIL-Simulation

### Aufgabe

Im Rahmen der Entwicklung sollen neue Softwarestände des kartenbasierten FAS-Steuergerätes am Simulator auf Funktion und Diagnose getestet werden. Zur Serienfreigabe sind dabei auch Verbundtests mit den Steuergeräten des Fahrzeugs notwendig.

### Entwicklungsumgebung

Der dSPACE Simulator bildet zusammen mit dem Fahrdynamikmodell ASM VehicleDynamics die virtuelle Regelstrecke für das serienreife FAS-Steuergerät. Er kann mit allen Schnittstellen und Simulationsmodellen ausgestattet werden, um ein vollständiges Fahrzeug sowie dessen Umgebung in Echtzeit zu

simulieren. Der elektronische Horizont wird von ADAS RP auf einem Windows-PC bereitgestellt. Mit ModelDesk wird das Fahrzeugmodell parametrisiert und Manöver und Trassen für Testfälle erstellt.

### Rollen und Signale

Auf dem dSPACE Simulator steht eine aus ADAS RP exportierte Trasse zur Verfügung. Die Fahrzeugposition (GPS-Koordinaten), Geschwindigkeit und Fahrrichtung werden im Simulationsmodell berechnet und ADAS RP über Ethernet zur Verfügung gestellt. ADAS RP berechnet zur Fahrzeugposition den MPP und sendet diesen samt den Attributen des elektronischen Horizonts, z. B. über CAN, an das kartenbasierte

Fahrerassistenzsteuergerät. So kann das kartenbasierte FAS-Steuergerät im geschlossenen Regelkreis getestet werden. Des Weiteren stehen die üblichen Testmethoden und -prozesse zur Verfügung, um Steuergeräte automatisiert und reproduzierbar zu testen.

### Vorteile

- Automatisierte, reproduzierbare Testfälle
- Funktionstest und Diagnostest auf Komponentenebene und Verbundebene

