

ENTWICKLUNG VERNETZTER ANTRIEBSSYSTEME AM LEISTUNGSPRÜFSTAND

Navigationsbasierte Fahrerassistenzsysteme finden Einzug in aktuelle Fahrzeuge und stellen damit die Entwickler vor die Herausforderung, das Gesamtsystem Fahrzeug zuverlässig abzusichern. In einem gemeinsamen Vorhaben von Audi, AVL und der Technischen Hochschule Ingolstadt wird deshalb an einer integrierten Validierungsplattform gearbeitet, die es erstmals ermöglicht, virtuelle Erprobungsfahrten zur Validierung von navigationsbasierten Fahrzeugsystemen am Prüfstand ohne Adaption der Systeme durchzuführen.



AUTOREN



DIPL.-ING. (FH) STEFAN GENEDER
ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter
an der Technischen Hochschule
Ingolstadt.



DR.-ING. FELIX PFISTER
ist Produkt-und-Business-
Development-Manager bei der
AVL List GmbH in Graz (Österreich).



DR.-ING. CHRISTIAN WILHELM
ist Projektportfoliomanager
Entwicklung Gesamtfahrzeug bei der
Audi AG in Ingolstadt.



**PROF. DR. RER. NAT.
ARMIN ARNOLD**
ist Professor für Mechatronik und
Fahrzeugtechnik an der Technischen
Hochschule Ingolstadt.



MOTIVATION

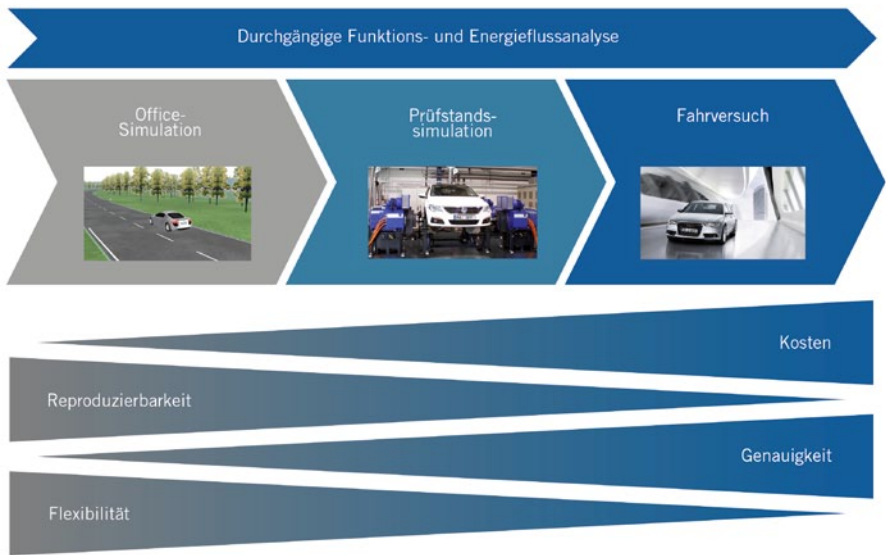
Um den Forderungen nach gesteigerter Energieeffizienz Rechnung zu tragen, halten neue Fahrerassistenzsysteme Einzug in die Fahrzeuge. Die sogenannten Advanced Driver Assistance Systems (ADAS) beeinflussen auch das Antriebssystem. Vorausschauende Assistenzsysteme auf Basis von Satellitennavigationssystemen, wie zum Beispiel vorausschauende Schaltstrategien für Automatikgetriebe [1, 2] sowie Betriebsstrategien für Hybridfahrzeuge [3] beziehungsweise Elektrofahrzeuge [4], wurden bereits in Fahrzeugen umgesetzt. Autonome Längs-

dynamikregelungen (Green ACCs) befinden sich in einem seriennahen Entwicklungsstadium [5, 6]. Weiterführende Funktionen wie teilautonome Autobahnfahrten [7, 8] sind derzeit ebenfalls in Entwicklung und werden mittelfristig ihren Weg auf die Straße finden.

Die Integration des Antriebssystems mit anderen Fahrzeugsystemen und den Umfeldsensordaten wird durch den Terminus „Connected Powertrain“ sehr gut illustriert. Die zuverlässige Absicherung solcher hochvernetzter, vorausschauender Fahrzeugsysteme stellt eine Herausforderung an die Entwicklung dar. Es werden neue Methoden benötigt, die

über den Fahrversuch auf einer realen Strecke hinausgehen. Um die Validierung dieser Systeme zu beherrschen, ist eine zuverlässige Validierungsumgebung für das Gesamtsystem notwendig. Die reine Office-Simulation bietet Ergebnisse zu einem sehr frühen Zeitpunkt, allerdings ist die Aussagekraft auch bei sehr hohem Modellierungsaufwand begrenzt. Der Fahrversuch ermöglicht dagegen aussagekräftige Ergebnisse und ein reales Verhalten. Allerdings fehlt hier aufgrund der Umwelteinflüsse die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse.

Die Prüfstands- beziehungsweise Hybridsimulation, hier am Beispiel des Leis-

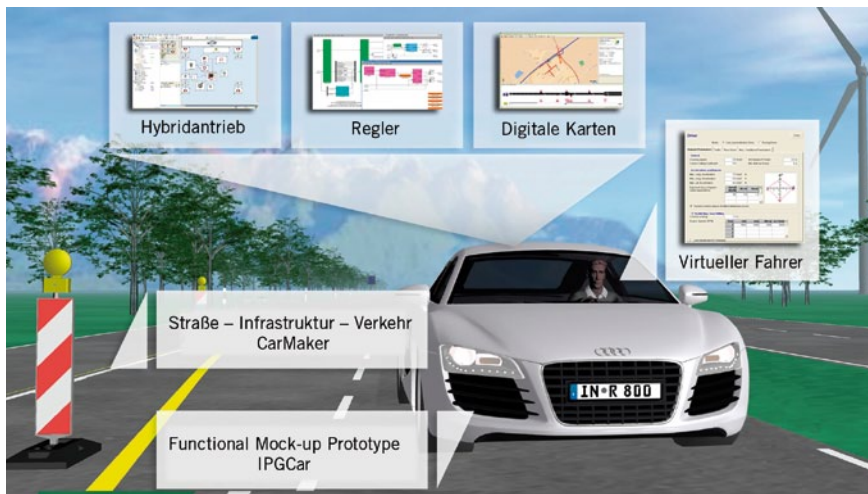


1 Ansatz für die durchgängige Energieflussanalyse zur Validierung von vorausschauenden Fahrzeugsystemen nach [9]

tungsprüfstands dargestellt, schafft eine Brücke zwischen reiner Simulation und dem Fahrversuch, da sie zu einem gewissen Grad die Eigenschaften beider Umgebungen besitzt. Durch den Einsatz der Prüfstandssimulation lassen sich solche hochvernetzten Antriebssysteme zuverlässig validieren. Es wird dabei eine hohe Reproduzierbarkeit, sowie eine hohe Aussagekraft erreicht, mit der es zum Beispiel auch möglich ist, zwei Parametrierungen eines autonomen Längsdynamikreglers zu vergleichen. Durch einen integrierten Ansatz, 1, lassen sich die Vorteile der jeweiligen Validierungsumgebungen im Entwicklungsprozess verknüpfen [9].

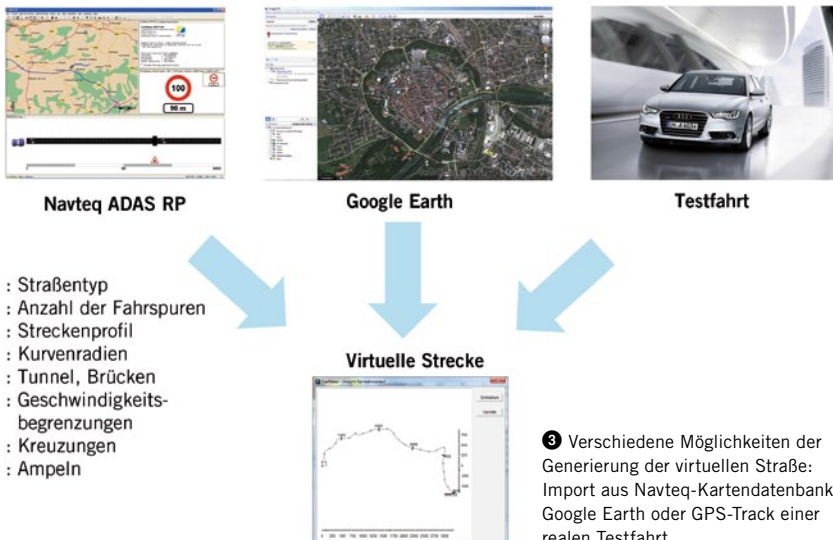
VIRTUELLE FAHRZEUGERPROBUNG

Zur Validierung von Fahrerassistenzsystemen muss die Realfahrt auch in der Simulation nachgebildet werden, das heißt, als Basis für den Validierungsprozess müssen manöverbasierte Tests dienen. Für die Prüfstandssimulation wird deshalb eine (Echtzeit-)Fahrsimulation benutzt, mit der virtuelle Erprobungsfahrten möglich sind, 2. Dabei bewegt ein virtueller Fahrer ein virtuelles Fahrzeug durch eine virtuelle Welt, bei der sowohl die Fahrbahn inklusive Markierungen und Verkehrszeichen als auch die Umwelt mit Verkehr und Objekten abgebildet werden. Die Fahrzeugnachbildung beinhaltet virtuelle Sensoren (Radar, Ultraschall, Kamera etc.) zur Erfassung von Umfeldobjekten [10].



2 Virtuelle Probefahrt in AVL InMotion powered by CarMaker (Bild © IPG Automotive)

Die virtuelle Straße als Nachbildung einer realen Strecke lässt sich aus verschiedenen Datenquellen erzeugen, 3. Die Qualität der importierten Strecke, das heißt die verfügbare Genauigkeit und die Bereitstellung der Höheninformation sowie die Möglichkeit Zusatzinformationen zu nutzen, zum Beispiel über Geschwindigkeitsbeschränkungen oder Kreuzungen, hängt dabei von der verwendeten Datenquelle ab [11]. Beim Abfahren einer solchen Strecke liegen somit Informationen zur GPS-Position des Fahrzeugs vor. Über eine Anbindung zu Google Earth kann die Testfahrt während der Simulation vom Testingenieur verfolgt werden. Über eine Schnittstelle ist die Integration verschiedener Prüfstände möglich, sodass unterschiedliche zu prüfende Objekte „in-the-Loop“ eingebunden und validiert werden können.



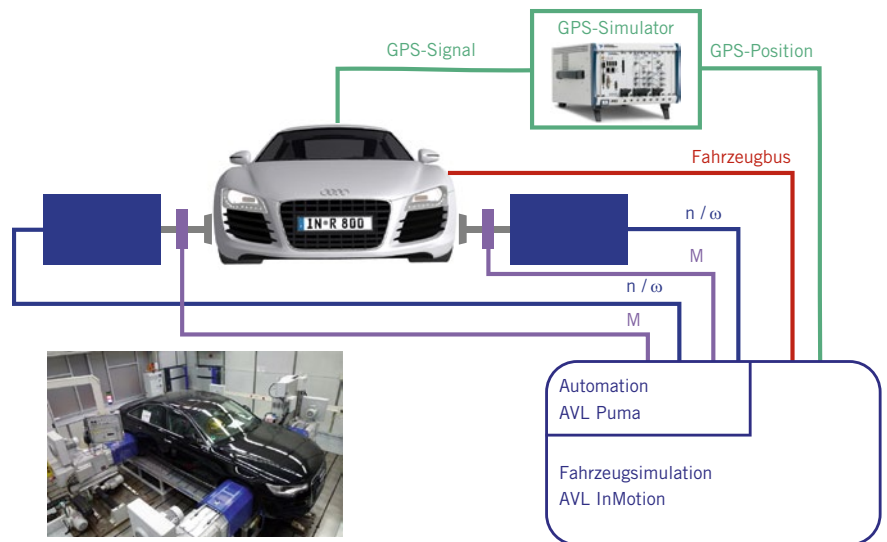
FUNKTIONS- UND ENERGIEFLUSSSIMULATION

Zur Validierung eines kompletten Fahrzeugs wird ein Leistungsprüfstand verwendet, der in der Lage ist, sowohl einen Antriebsstrang (Powertrain-in-the-Loop) als auch ein Gesamtfahrzeug (Vehicle-in-the-Loop) zu validieren, 4. Diese integrierte Versuchsumgebung wird hier als Funktions- und Energieflusssimulator bezeichnet.

Der Prüfstand ist über das Automatisierungssystem mit dem Echtzeitrechner vernetzt, auf dem die Fahrzeugsimulation AVL InMotion läuft, sodass reale Fahrten am Prüfstand nachgebildet werden können. Über elektrische Maschinen werden die auftretenden Raddrehzahlen auf das Testfahrzeug eingepreßt. Die Bedienung des Fahrzeugs erfolgt über einen Fahrroboter. Die an den Rädern auftretenden resultierenden Momente, bestehend aus den Last- und Antriebsmomenten, werden dann in Echtzeit wieder in die Simulation zurückgespeist. Notwendige Sensorinformationen, zum Beispiel Beschleunigung und Lenkwinkel, werden über das jeweilige Bussystem in das Fahrzeug eingespeist. Zur Aufnahme von Signalen und Messwerten lässt sich sowohl Prüfstands- als auch Fahrzeugmesstechnik verwenden.

NAVIGATION-IN-THE-LOOP

Wie erwähnt, liegt während der virtuellen Testfahrt die GPS-Position des Fahrzeugs in der Fahrsimulation vor. In reiner Office-Simulation kann diese den zu testenden Modulen einfach zur Verfügung gestellt werden. Bei der Validierung von realen Fahrzeugsystemen hingegen musste bisher eine Schnittstelle in der Navigationseinheit vorhanden, das herstellerspezifische Protokoll bekannt oder ein Standard (ADASIS-Protokoll) implementiert worden sein. Durch die Kombination der Fahrzeugsimulation AVL InMotion und des von National Instruments entwickelten GPS-Simulationssystems wird der direkte Test von Fahrzeugen mit satellitenbasierten ADAS möglich, 5. Mit dem Simulationssystem lassen sich GPS-L1-Coarse-Acquisition-Signale (C/A-Signale) simulieren. Über einen Signalgenerator können die simulierten Signale ausgegeben werden, um GPS-Receiver-Tests durchzuführen. Für einen GPS-Receiver sind zur Standortbestimmung mindestens vier



4 Vereinfacht dargestellte Struktur des Funktions- und Energieflusssimulators

Satelliten notwendig. Mit dem Toolkit können Szenarien mit bis zu zwölf Satelliten und einer Simulationszeit von bis zu 24 h erzeugt werden [12].

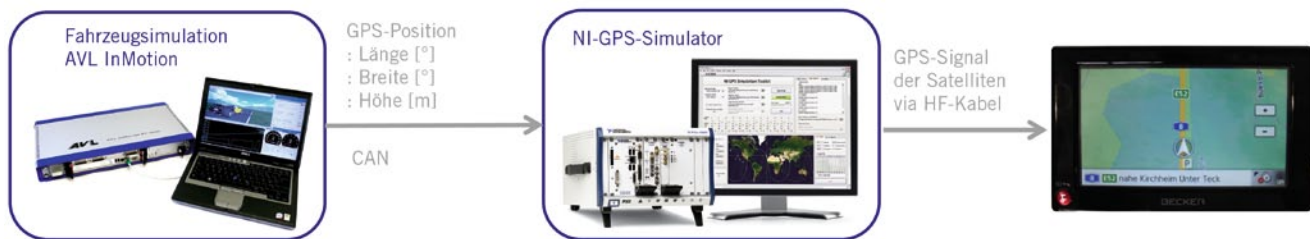
Die in der Fahrsimulation vorliegende GPS-Position des Fahrzeugs wird über CAN-Bus an den GPS-Simulator gesendet. Mittels der Position und der Zeit werden



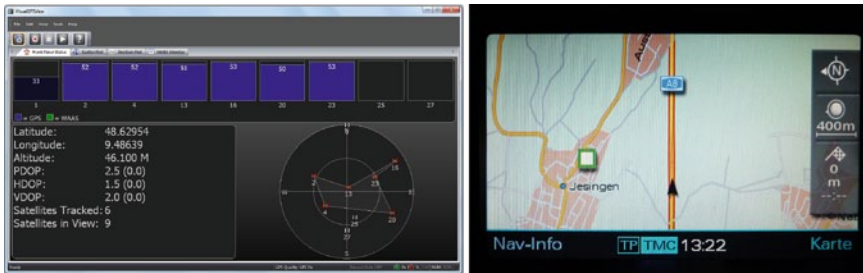
ENGINEERING LÖSUNGEN UND PRODUKTE

- Safety & Systems Engineering
- Berechnung & Konstruktion
- Entwicklung von ECU-Hardware-Prototypen inkl. Kleinserienfertigung
- Modellbasierte Entwicklung von ECU-Funktionen
- AUTOSAR & Virtuelle Integration
- Integration und Betrieb von Testsystemen
- Engineering von Tools & Testsystemen
- Modell- & Software-Qualität
- Zulieferer- und Qualitätsmanagement





5 Vereinfachte Systemstruktur aus Echtzeitsystem mit Fahrzeugsimulation AVL InMotion, NI-GPS-Simulationssystem und mobilem Navigationssystem



6 GPS-Simulation: nachgebildeter virtueller Orbit (links) sowie Detailansicht eines in einem Audi A6 verbauten Navigationsgeräts (rechts)

basierend auf Bahndaten die für den Receiver, das heißt das Fahrzeug, sichtbaren Satelliten bestimmt. Für die sichtbaren Satelliten werden die C/A-Nachrichten berechnet. Im Anschluss werden diese zusammengefasst und über einen Signalgenerator und eine HF-Verbindung direkt in den GPS-Empfänger eingespeist. Bei fest verbauten Fahrzeugnavigationssystemen existiert hier mit dem sogenannten FAKRA-Stecker (ISO 20860-1) eine standardisierte Schnittstelle die in den meisten Fahrzeugen Verwendung findet. Zwar ist ein direktes Versenden der Signale über eine Antenne an das Fahrzeug möglich, allerdings müssen hier die gesetzlichen Rahmenbedingungen berücksichtigt werden. Über den Empfänger kann das Navigationsgerät letztendlich die Position bestimmen und diese inklusive weiterer kartenbasierter Daten, zum Beispiel einer Geschwindigkeitsbegrenzung, den ADAS-Steuergeräten über den Fahrzeugbus zur Verfügung stellen. Es ist somit möglich,

Fahrzeuge mit navigationsbasierten ADAS zuverlässig zu validieren. Dabei kann das System komplett getestet werden, ohne dass das System verändert werden muss, wie bei der Simulation des Navigationssteuergeräts oder der Verwendung eines veränderten Teststeuergeräts.

Die Realisierung einer Simulation ist in 6 dargestellt. Für das Beispiel erfolgte eine virtuelle Probefahrt auf der Auto-Motor-Sport-Verbrauchsrunde im Prüfzentrum in Graz.

FAZIT UND AUSBLICK

Mit der vorgestellten Integrationsumgebung kann sowohl der Energiefluss neuer, vorausschauender Antriebs- und Assistenzsysteme untersucht werden, als auch die Sicherstellung der Funktionalität erfolgen. Aktuell erfolgen die Optimierung und die Serienintegration in die Prüfstands Umgebung. In Zukunft ist eine Erweiterung um eine Fehlersimulation angedacht. Mit dem Simulationssystem können unterschiedlichste Verschlechterungen nachgebildet werden, wie etwa niedrige Leistungslevels, um Folierung oder urbane Schluchten nachzubilden, Satellitenausfall oder das Vorhandensein von Interferenzen oder Störsignalen. Ferner ist die Erweiterung auf andere Satellitennavigationssysteme wie Galileo oder Glonass angedacht.

LITERATURHINWEISE

- [1] Woloschin, H. et al.: Kraftübertragung. In: ATZextra „Der neue Audi A6“, 2010, S. 62-65
- [2] Bohne, W. et al.: Vorausschauendes Antriebsmanagement. In: ATZ 116 (2014), Nr. 1, S. 50-54
- [3] Keller, U. et al.: Intelligent Hybrid. In: ATZextra „Die neue S-Klasse von Mercedes-Benz“, 2013, S. 156-161
- [4] Töpler, F. et al.: Prädiktive Leistungsbestimmung für Plug-In Hybridfahrzeuge. In: Pischinger, S. (Hrsg.): Aachener Kolloquium für Fahrzeug- und Motorentechnik. Aachen: fka, 2010, S. 1731-1753
- [5] Radke, T.; Roth, M.: Energetische Modellierung von Schaltvorgängen mit Hilfe statistischer Versuchsplanung als Voraussetzung optimaler Betriebsstrategien. In: Beidl, C. (Hrsg.): Internationales Symposium für Entwicklungsmethodik. Mainz-Kastel: AVL Deutschland, 2011, S. 143-151
- [6] Dornieden, B.; Junge, L.; Pascheka, P.: Vorausschauende energieeffiziente Längsdynamikregelung. In: ATZ 114 (2012), Nr. 3, S. 230-235
- [7] Bartels, A. et al.: Hochautomatisches Fahren auf der Autobahn. In: ATZ 113 (2011), Nr. 9, S. 652-657
- [8] Kämpchen, N. et al.: Techniken für das hochautomatisierte Fahren auf der Autobahn. In: ATZ 114 (2012), Nr. 6, S. 498-503
- [9] Voigt, K. U.; Denger, D.; Conrad M.: Durchgängig, integriert und einfach – Hybride Entwicklungsumgebung in der Antriebsstrangentwicklung. In: VDI Wissensforum (Hrsg.): VDI-Berichte, Bd. 2169, S. 733-746, VDI-Verlag, Düsseldorf, 2012
- [10] Schick, B.; Leonhard, V.; Lange, S.: Vorausschauendes Energiemanagement im virtuellen Fahrversuch. In: ATZ 114 (2012), Nr. 4, S. 328-333
- [11] Pfister, F.; Schick, B.: Die Zukunft hat einen Sensor: Location Awareness meets Powertrain Controls. In: Beidl, C. (Hrsg.): Internationales Symposium für Entwicklungsmethodik. Mainz-Kastel: AVL Deutschland, 2011, S. 255-262
- [12] NI: GPS Multiple - Satellites Signal Generation, 2009

DANKE

Die Autoren möchten den folgenden Personen für ihre Unterstützung bei der Umsetzung des Systems danken: Barbara Wallner, Herbert Kelz von AVL List, sowie Klaus Dinnes, Ken Tobler und Helmut Wurm von National Instruments.

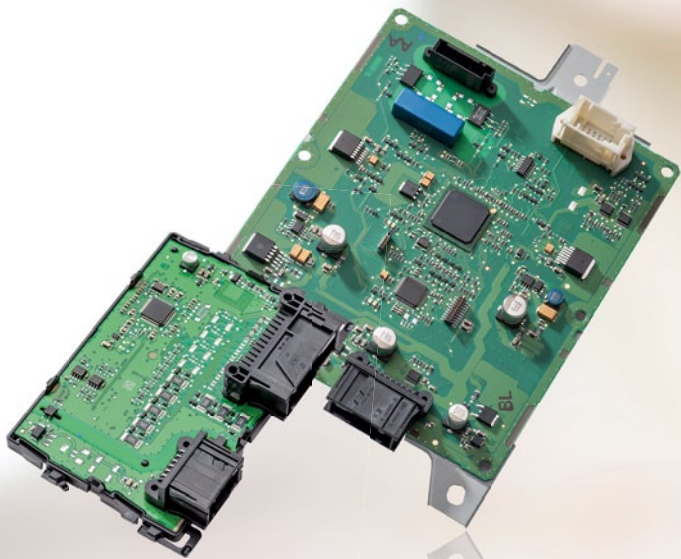


READ THE ENGLISH E-MAGAZINE
order your test issue now:
springervieweg-service@springer.com



DOWNLOAD DES BEITRAGS
www.springerprofessional.de/ATZ

[e'lekTRIS]



Bei Preh entwickelt und jetzt in Serienproduktion:
Steuergeräte für das Batteriemangement
des BMW i3*

*Auch im ActiveE und in ActiveHybrid-Modellen sind wir bereits dabei.

preh.com

preh