



Die Zukunft hat einen Sensor. Location Awareness meets Powertrain Controls

Dr. -Ing. Felix Pfister, AVL List GmbH, Graz

Dipl.-Ing. Bernhard Schick, IPG Automotive GmbH, Karlsruhe

Zusammenfassung:

Gut, schlecht oder vielleicht sogar mies: Die Zukunft der so genannten „Location Awareness“ hat schon begonnen. Apples iPhone und Googles Android haben lokalisierungsfähige Apps unter die Leute gebracht: Millionen laufen mittlerweile mit einem Ding in der Tasche herum, das nicht nur weiß, wo sich dessen Besitzer gerade aufhält, sondern sich auch noch ins Netz „einloggt“ um diese Information mitzuteilen, sie mit Datenbanken zu verbinden und zudem herausfindet, wer und was sich sonst noch gerade in der Nähe befindet. Wie wir alle aus der Systemdynamik wissen: Dieser neue Input – unsere Koordinaten – besitzt das Potenzial zur Veränderung aller Outputs. Die Art wie wir einkaufen, wie wir kommunizieren und wie und mit wem wir privaten Umgang pflegen. Wird das Ganze auch unsere CO₂-Outputs verringern?

Allerdings! Sobald man nämlich Location Awareness in den Bereich der Antriebsstrang-Steuerungen einführt eröffnet sich eine Fülle neuer Möglichkeiten. Die Liste der Potenziale ist dabei sehr lang. Führen wir also ein paar davon auf:

- Intelligente Tempomaten (Smart Cruise Control) passen die Fahrzeuggeschwindigkeit vorausschauend an die Fahrbahn an, um hartes Bremsen und Beschleunigen zu vermeiden.
- Durch Veränderung der Klimatisierung, d. h. durch Vorkühlung des Fahrzeugs vor vorübergehenden Stopps, entfällt die Notwendigkeit den Motor im ineffizienten Bereich laufenzulassen.
- Optimierung der Energieverteilung zwischen dem Verbrennungsmotor und den Elektromotoren eines Hybridfahrzeugs: Die Batterie wird während der Fahrt entsprechend der optimalen Fahrsituation geladen und entladen.
- Förderung intelligenterer Schaltentscheidungen
- Intelligentes Motor-Wärmemanagement (Smart Engine Thermo Management): Die Sollwerte für die Öl- und Kühlmitteltemperatur werden über den ganzen Fahrtverlauf hinweg angepasst. Die Temperatur-Sicherheitsabstände können reduziert werden.



- Nebenaggregate (Wasser- und Ölpumpen sowie Belüftungen) werden wann immer möglich abgeschaltet. Zusätzlich reduziert der Betrieb des Motors bei Höchsttemperatur die Reibung.

Durch Einsatz einer standardisierten Schnittstelle (ADASIS-Protokoll) zu so genannten „Horizon Providers“ (die Teil des Fahrzeugnavigationssystems sind) verfügt jedes Antriebsstrang-Steuersystem über Zugang zu räumlichen und nicht räumlichen Informationen:

- 3D-Fahrbahn-Topografie,
- dem wahrscheinlichsten Streckenverlauf des Fahrzeugs,
- dem kompletten „Verkehrsschilderwald“ sowie sonstiger Straßenmerkmale (Kreuzungen, Verkehrsampeln, ...),
- Historische und Echtzeitverkehrsdaten.

Mit anderen Worten: Die Zukunft hat einen Sensor. Dieser Sensor liefert die Eingangsdaten für kraftstoffeffizientere und komfortablere Fahrzeuge. Um diesen Sensor sowie die standortbasierten Funktionen in Antriebsstrangmanagement-Systemen effizient zu testen sind entsprechende Tools erforderlich! Diese werden als Plug-ins der Entwicklungsplattform AVL InMotion / IPG CarMaker zur Verfügung gestellt. Zunächst gehören dazu eine Software und ein Workflow zur Erzeugung eines virtuellen Klons der tatsächlichen Fahrumgebung. Dies kann aus verschiedenen Datenbanken heraus erfolgen:

- einem Google Earth Road Importer (als Teil von AVL CONCERTO), der den Import und die Nachbearbeitung von Straßendaten aus Google Earth oder sonstigen Internetquellen ermöglicht,
- einem Road Importer, der an die Datenbank des vorgenannten Horizon Providers angebunden wird, um aus dieser relevante Informationen herauszuziehen,
- einer iPhone App (AVL InMotion MyWay), die Position, Geschwindigkeit und Beschleunigung sowie einen Video Stream auf dem iPhone aufzeichnet und diese direkt im entsprechenden Format exportiert,
- einem Genesys Road Importer, der eingesetzt wird wenn äußerst präzise Positions- und Kinematikdaten erforderlich bzw. erwünscht sind.

Ausschlaggebend ist in diesem Kontext das „Gesetz der Einfachheit“: Der virtuelle Klon wird durch lediglich einen – bzw. einige wenige – Mausklicks erzeugt, selbst dann wenn transkontinentale Testfahrten wie zum Beispiel von Rom nach Berlin mit der entsprechenden Infrastrukturinformation erforderlich sind. Nachdem der Anwender den virtuellen Klon erzeugt hat, bettet er seine zu testende Einheit in die X-in-the-Loop-Entwicklungsplattform ein. Je nach Art der Entwicklungsaufgabe



entscheidet der Anwender ob die zu testende Einheit (z. B. der Antriebsstrang und dessen Steuergerät) virtuell ist (MIL, SIL) oder real (HIL).

Dabei kann man zwischen der virtuellen und realen Welt mit einem einzigen einfachen Mausklick wechseln. Außerdem stehen die folgenden Features zur Verfügung:

- vollständige Umsetzung des ADASIS-Protokolls (Advanced Driver Assistance Interface Specification) auf der Plattform,
- ein Straßensensor, der vorausschauende Fahrbahninformationen liefert, ohne dass dazu das etwas komplexe ADASIS-Protokoll erforderlich ist,
- Verkehrssimulation mit unbeschränkten Verkehrsobjekten,
- Google-Earth-Visualisierung, welche die Beobachtung des Fahrtverlaufs auf Google Earth ermöglicht,
- Antennensimulation als Inputsignal für den (virtuellen oder realen) Horizon-Provider („Navigation in the Loop“),
- Optimierung durch Einsatz von AVL CAMEO

Der virtuelle Fahrer IPGDriver kann das virtuelle Fahrzeug sofort für die erwünschte Testfahrt starten. Der Fahrer folgt dabei der vorgeschriebenen Strecke völlig autonom, wobei sich das Verhalten des Fahrers und die Fahrstrategie leicht je nach Bedarf anpassen lässt. Der virtuelle Fahrer beachtet Verkehrsschilder und „erlebt“ ein vorab definiertes Verkehrsaufkommen innerhalb erwünschter Sektoren entlang der Strecke. Steuerungsalgorithmen interagieren dabei mit den Betriebsmodellen des virtuellen Fahrzeugs.

Der erweiterte Blickwinkel: Innovationen und bahnbrechende technische Entwicklungen entstehen zumeist dann, wenn verschiedene Bereiche aus Technik und Wissenschaft mit völlig unterschiedlichem Hintergrund und Wissen zusammentreffen und sich gegenseitig befruchten. Die Verbindung standortbasierter Dienste und fortschrittlicher Antriebsstrang-Steuerungstechnologien liefert geradezu ein lehrbuchartiges Beispiel eines solchen Durchbruchs.

Aber selbst die besten Softwarepläne können schiefgehen. Die in diesem Beitrag vorgestellte Entwicklungsplattform erlaubt den Teams einen schnellen Projektanlauf, senkt das Entwicklungsrisiko und bringt diese Innovationen auf zeitnahe und kostengünstige Weise zur Marktreife.



1 Wie „Location Awareness“ zur Senkung des Kraftstoffverbrauchs beiträgt. Vier Beispiele.

1. Im neuen A8 Audi [1] wurde eine „lokalisierungsfähige“ Schaltstrategie umgesetzt. Die Getriebesteuerung (TCU) hat Zugang zum Fahrzeugnavigationssystem, das die Eingangsdaten zur Streckenführung des Fahrzeugs liefert. Diese Sensorinformation wird zur Vorhersage des wahrscheinlichsten Fahrmusters des Fahrzeugs sowie der Geschwindigkeit und aller damit verbundenen Wahrscheinlichkeiten genutzt. So lassen sich zum Beispiel energie-ineffizientes Heraufschalten vor Kurven oder ein Herunterschalten vor Strecken mit voraussichtlich konstant gefahrenen Geschwindigkeiten vermeiden.
2. AVL verfügt über eine patentierte Strategie zum Einsatz von Navigationsinformationen für intelligente Hybrid-Betriebsstrategien [2]. Ziel ist dabei unter anderem die Feststellung, welche Anteile des voraussichtlichen Fahrtverlaufs sich am besten für das Laden der Batterien eignen. Dazu könnten unter anderem auch die Reisehistorie des Fahrzeugs („Fahrmuster“) sowie ein bestimmter Grad der Zuverlässigkeit der voraussichtlichen Geschwindigkeit und des Verlaufspröfils herangezogen werden. Das Potenzial des Hybridsystems lässt sich nur mithilfe einer Fahrtverlaufs- und Geschwindigkeitsplanung voll ausschöpfen.
3. Jakubek und andere [3] haben ein optimales Kontrollschema für Hybridfahrzeuge mit Kraftverteilung, bei denen sich das Lastprofil zyklisch darstellt und deshalb vorher bekannt ist, vorgeschlagen. Dieses Kontrollschema trägt wesentlich zur Senkung des Kraftstoffverbrauchs bei.
4. Porsche arbeitet an einem fortschrittlichen Fahrassistenzsystem, das die von Radar-, Lidar- und Navigationssystemen gesammelten Daten in einem autonomen Längs-Controller namens „ACC InnoDrive“ zusammenführt. Ähnlich wie bei Googles „fahrerlosem Auto“ [4] entfällt hier die Notwendigkeit die Fahrzeugpedale zu betätigen völlig. Das System wird auf die Umsetzung der besten Antriebsstrangsteuerungsstrategie hin „trainiert“. Berichten zufolge lassen sich dadurch Kraftstoffverbrauchssenkungen von bis zu 10 % und sogar noch mehr erzielen [5].

Diese vier Beispiele machen eines deutlich: Der Einfluss „lokalisierungsfähiger“ Fahrzeuge auf Antriebsstrang-Steuerungssysteme scheint nur durch unsere Vorstellungskraft begrenzt zu sein. Und selbst wenn uns einige Anwendungen (wie Googles fahrerloses Fahrzeug) heute als provokant erscheinen mögen, so sind sie vielleicht in 50 Jahren altmodische Exponate, die sich in irgendeinem Museum besichtigen lassen.

2 Wie greifen xCUs auf Navigationssystemdaten zu?

Digitale Karten der nächsten Generation (die Teil des Navigationssystems sind) enthalten künftig Attribute wie 3D-Fahrbahngeometrien (Steigungen/Gefälle, Kurvenverläufe), Straßenkategorien, Anzahl der Fahrspuren, Geschwindigkeitsbegrenzungen usw. Der wahrscheinliche Streckenverlauf für das Fahrzeug, der so genannte „Most Probable Path“ (MPP), wird kontinuierlich festgestellt. Dabei verwenden die umgesetzten Algorithmen sowohl statische als auch dynamische Kartenattribute.

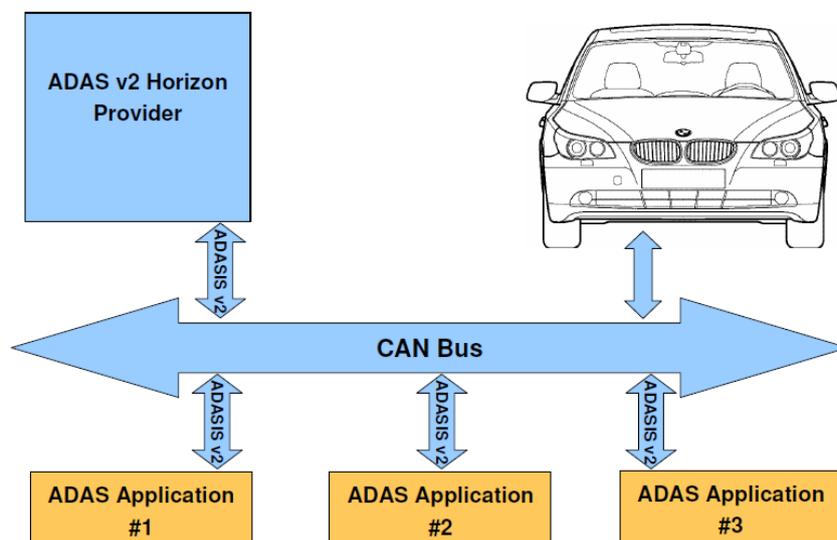


Abbildung 1: Fahrzeuganwendungen greifen auf das Navigationssystem (Horizon Provider) über eine standardisierte Schnittstelle zu (Abb. [6]).

Jede xCU kann auf diese Informationen über den CAN-Bus durch ein standardisiertes Kommunikationsprotokoll, ein so genanntes ADASIS-Protokoll, Abb. 1 zugreifen. Das Forum, welches diese Schnittstelle spezifiziert, besteht aus 30 Unternehmen. Dazu gehören u. a. OEMs und Anbieter von Navigationssystemen und digitalisierten Landkarten (NAVTEQ, Tele Atlas); [6]. Dabei ist zu erwähnen, dass sich auch firmenspezifische Umsetzungen dieses Protokolls abzeichnen, die damit den Erfolg des ADASIS-Standardisierungsansatzes gefährden. Nach Meinung der Autoren kann nur ein anerkanntes internationales Gremium all diese sich schnell vollziehenden Entwicklungen bündeln.

3 Das Portfolio realer Testwerkzeuge

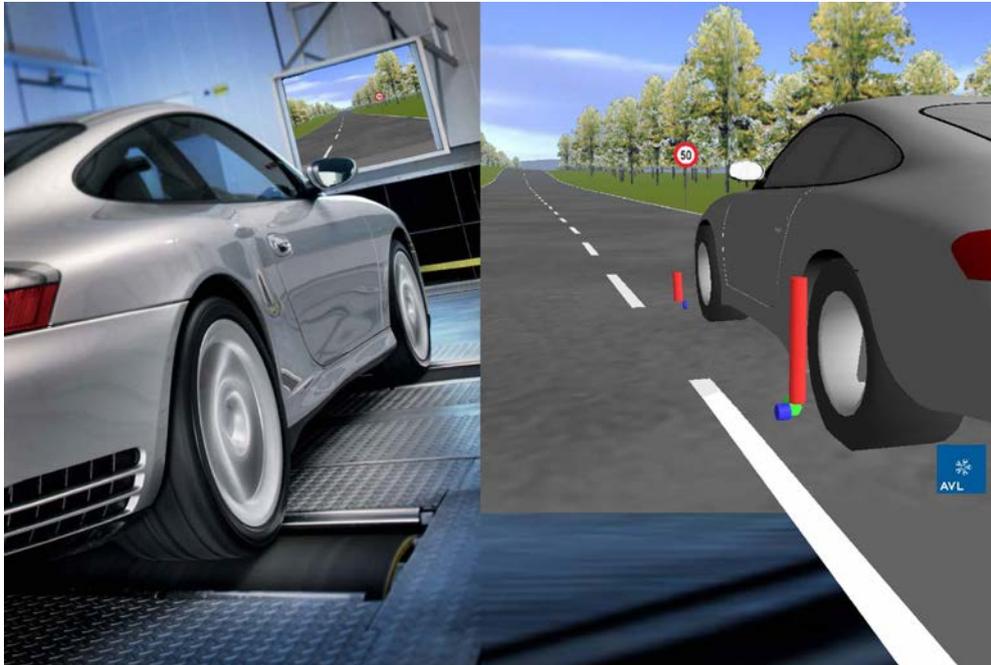


Abbildung 2: X-in-the-Loop-Entwicklungsumgebung für Fahrzeuge, Steuergeräte und Kommunikationssysteme.

Bei AVL InMotion handelt es sich um die von AVL angebotene Lösung für manöver- und ereignis-basiertes Testen auf dem Prüfstand. Es basiert auf der IPG CarMaker Produktfamilie, die AVL um die X-in-the-Loop-Schnittstellen für unterschiedliche zu testende Einheiten, die so genannten „Units Under Test“ (UUT: Motor, Antriebsstrang, Getriebe, Batterie, ...), erweitert.

Die Schlüsselrolle bei AVL InMotion / CarMaker spielt deren offene Fahrzeug-Fahrer-Fahrbahn-Infrastruktur-Umgebung, in welche die UUTs eingebettet sind. Dadurch erhält der Testingenieur eine einzigartige Möglichkeit reale Fahrsituationen auf dem Prüfstand zu testen. Mit anderen Worten: Das Unternehmen kann seine eigenen Testverfahren innerhalb einer zuverlässigen Simulationsumgebung durchführen anstelle von – oder im Vorfeld von – kostspieligeren Teststrecken-Versuche (Abbildung 1). Dank Schnittstellen zu PUMA (TestBed Automation) AVL CRUISE (für Antriebsstrangsimulation und Modelle), AVL CAMEO (Kalibrierung und Optimierung) sowie AVL CONCERTO (Postprocessing) ergibt sich eine abgerundete Palette an Werkzeugen, die alle darauf ausgerichtet sind, Ingenieure beim Vorantreiben von Innovationen zu unterstützen und dabei gleichzeitig Kosten zu senken und schneller zur Marktreife zu gelangen. Um auf die Anforderungen der Entwicklung von lokalisierungsfähigen Antriebsstrangsystemen zu reagieren wurden eine Reihe von Zusatzfunktionen (bzw. Modulen) entwickelt, die in den nachfolgenden Kapiteln beschrieben werden.

3.1 Produktivitätssteigerung Nr. 1: Die Erzeugung der virtuellen Straße. Virtual Road Generation

Die erste und wichtigste Aufgabe besteht aus der Sammlung straßenbezogener Daten zur Erzeugung einer virtuellen Straße.

1. Der Export einer Strecke aus Google Earth/Maps stellt die wohl eleganteste Art der Datenerhebung dar. Es gibt dabei Online-Dienste zum Einfügen von Höheninformationen (z.B. www.nearby.org.uk/elevation-kml.php). Der AVL InMotion Road Importer (ein AVL CONCERTO Plug-in) erzeugt 3D-Straßen in einem (x,y,z) oder segment-basierten Format, das unmittelbar von AVL InMotion / CarMaker verwendet werden kann.
2. Viele Smartphones verfügen über eine GPS-Funktionalität. AVL hat eine iPhone App (AVL InMotion MyWay) entwickelt, welche die Fahrzeugposition mit 1Hz erfasst und direkt in ein lesbares CarMaker Format umwandelt. Dabei befindet sich die Positionsgenauigkeit im Bereich von 15 m.



*Abbildung 3: Links: AVL InMotion MyWay: Erfassung von Straßendaten.
Rechts: 3D-Fahrzeugsimulation auf der Straße.*

Mittels einer entsprechenden Befestigung an der Windschutzscheibe ist auch eine gleichzeitige Videoaufzeichnung der Straße möglich (siehe Abbildung 3). Zur Verbesserung der Höhenvermessung kann auch ein barometrischer Sensor verwendet werden. Barometrische Sensoren erzielen eine Genauigkeit von mehr als 1 m. Das AVL MOVE System kann zusätzlich mit einem GPS-Empfänger zum genauen Empfang von Höheninformationen eingesetzt werden. Hierzu wird als GPS-Sensor ein Gamin 16 LVS verwendet.

3. Die höchste Genauigkeit bietet eine Kombination aus GPS und Trägheitsnavigation wie zum Beispiel das Genesys ADMA. Dieses System verwendet zur Messung der Orientierung drei Ringlaser-Kreisel. Zusätzlich lässt sich mit drei Beschleunigungs-Aufnehmern die Position, Orientierung und Geschwindigkeit eines sich bewegenden Objekts berechnen. Die Positionsgenauigkeit befindet sich dabei im Bereich von 1-2 cm.
4. Ein äußerst interessantes Modul ermöglicht eine Straßenexportfunktion direkt aus dem Navigationssystem zur automatischen Erzeugung der virtuellen Fahrbahn. Mit dieser CarMaker Funktion lässt sich eine durchgängige und vollautomatische Strecke selbst über sehr lange Distanzen (>> 100km) hinweg erzeugen, die auch die entsprechenden Informationen hinsichtlich der Straßeninfrastruktur aufweist.

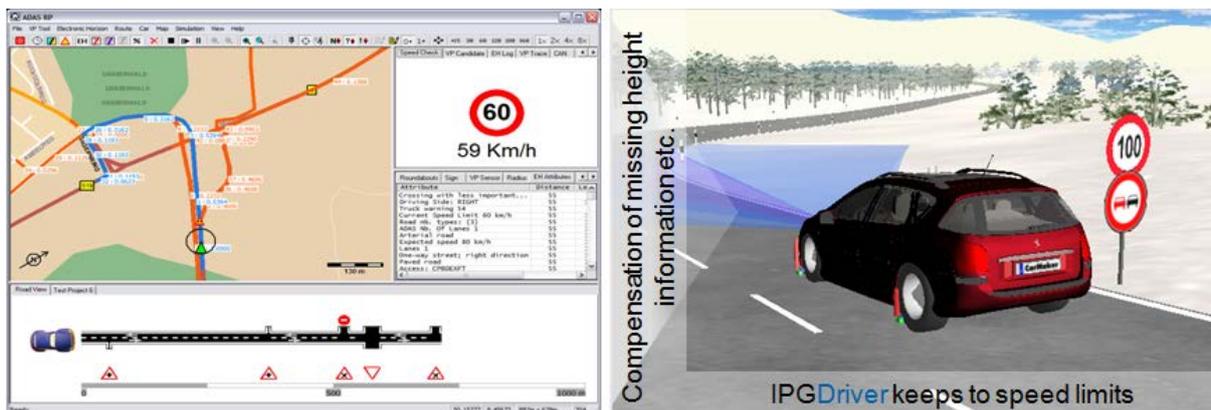


Abbildung 4: Leichter Import der ursprünglichen Straßendaten aus Navigationssystemen

Nachdem die Straße digitalisiert wurde, kann der virtuelle Fahrer (IPGDriver) das virtuelle Fahrzeug sofort für die gewünschte Testfahrt starten. Dabei folgt der Fahrer der vorgeschriebenen Strecke völlig autonom. Das Verhalten des Fahrers sowie die Fahrstrategie lassen sich leicht bedarfsgerecht anpassen. Darüber hinaus beachtet der Fahrer Verkehrsschilder und „erlebt“ auf erwünschten Abschnitten der Strecke ein vorab festgelegtes Verkehrsaufkommen.

3.2 Produktivitätssteigerung Nr. 2: Lokalisierungsfähige Systeme: Navigation-System-in-the-Loop

Während der Testfahrt tauscht das virtuelle Fahrzeug die globale Position und den elektronischen Horizont mit dem Navigationssystem aus. Mit anderen Worten: Ein Sensormodul übermittelt die GPS-Position vom virtuellen Fahrzeug an das Navigationssystem. Das Fahrzeug stellt dabei automatisch eine Verbindung zum Navigationssystem her und tauscht die ADASIS-Daten aus.

Zusätzlich zu grundlegenden Funktionen wie der Virtualisierung von Landkarten, Routenplanung und aktueller Fahrzeugposition bietet ADAS RP (Advanced Driver Assistance System Research Platform von NAVTEQ) auch die Straßencharakteristik, die auf dem elektronischen Horizont dargestellt ist. Wie bereits erwähnt, wird der so genannte „Most Probable Path“ (MPP) kontinuierlich ermittelt. Diese Informationen sowie weitere Attribute werden an die Fahrassistenzsysteme oder an Hybrid-, Motor- oder Getriebesteuerungen übermittelt.

Ein Plug-in zum virtuellen Globus von Google Earth ermöglicht die Ansicht der erzeugten Strecke in Form von 3D-Bildern in Google Earth und auch die Testfahrt kann in Google Earth visualisiert und online verfolgt werden.

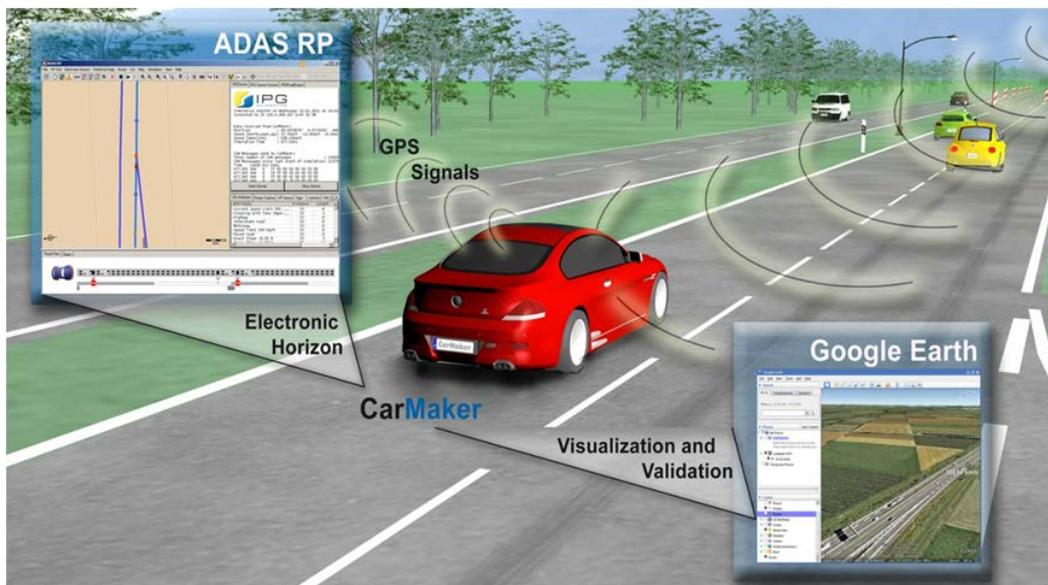


Abbildung 5: Visualisierung der Fahrzeugposition mithilfe von Google Earth.

Ab der frühen Konzeptphase ermöglicht Navigation-System-in-the-Loop aussagefähige, reproduzierbare und durchgängige funktionale Tests am PC, in jeder beliebigen Hardware-in-the-Loop-Umgebung oder auf dem Motor-/Antriebsstrang-Prüfstand.

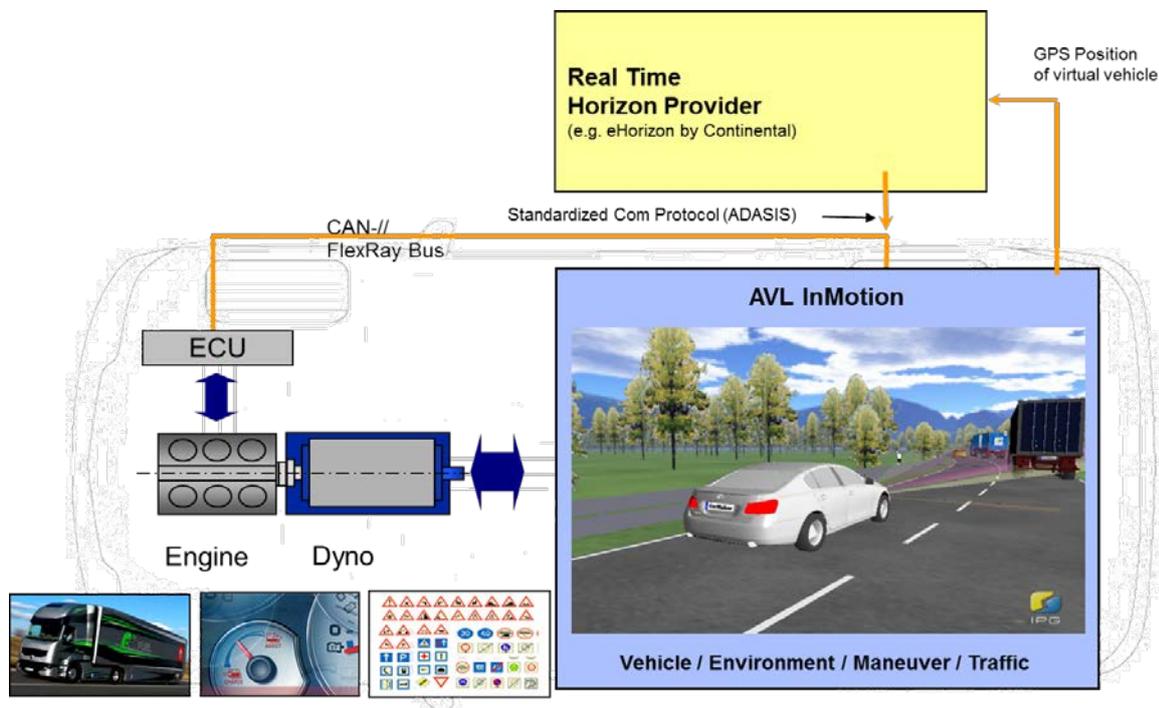


Abbildung 6: Engine-In-The-Loop-Konfiguration

Abbildung 6 stellt eine Konfiguration dar, bei welcher der Motor und das Navigationssystem real, der „Rest der Welt“ jedoch virtuell sind. Die GPS-Position des virtuellen Fahrzeug wird in das Navigationssystem eingegeben (in diesem Fall: eHorizon von Conti).

3.3 Produktivitätssteigerung Nr. 3: Integration für Kameradaten- Sensorfusion

Die kamera-basierten Sensorinformationen fließen in eine Vollfahrzeugsimulation und eine virtuelle Testfahrt ein. Dabei sind alle integrierten Sensorinformationen wie Radar, Lidar, Ultraschall, Navigation und der Eigenzustand des Fahrzeugs in zeit-ort-synchroner Form verfügbar und die Fusionsalgorithmen lassen sich in Bezug auf ihre Funktion in verschiedenen Use Cases testen.



Abbildung 6: Datenfusion von navigations- und kamera-basierten Umgebungsinformationen.



Literaturverzeichnis

- [1] DER NEUE AUDI A8. www.audi-mediaservices.com. November 2009.
- [2] VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINES ELEKTROFAHRZEUGES; AT 507 916 A2 2010-09-15, Österreichisches Patentamt, Patentinhaber AVL LIST GMBH A-8020 Graz (AT)
- [3] .H. Mayr, A. Fleck, S. Jakubek: HYBRID POWERTRAIN CONTROL USING OPTIMIZATION AND CYCLE BASED PREDICTIVE CONTROL ALGORITHMS; C; 9th IEEE International Conference on Control & Automation (ICCA 2011), December 19-21, Santiago, Chile.
- [4] J. Markov: GOOGLE LOBBIES NEVADA TO ALLOW SELF-DRIVING CARS. The New York Times. May 11th, 2011. http://www.nytimes.com/2011/05/11/science/11drive.html?_r=1&emc=eta1.
- [5] S. Anker, T. Geiger: DIE PORSCHE ELEKTRIK IST KLÜGER ALS DER FAHRER. Die Welt, 24th June, 2011 (<http://www.welt.de/motor/article13444976/Die-Porsche-Elektrik-ist-klueger-als-der-Fahrer.html>)
- [6] C. Ress et.al: ADASIS PROTOCOL FOR ADVANCED IN-VEHICLE APPLICATIONS. ITS World Congress. New York, Nov. 20th, 2008. (<http://www.ertico.com/documents/>)
- [7] Bernhard Schick, Steffen Lange, Ingolf Thiele: VORAUSSCHAUENDE ENERGIEMANAGEMENTSTRATEGIEN IM VIRTUELLEN FAHRVERSUCH – FRÜHE BEWERTUNG VON VERNETZTEN REGLERFUNKTIONEN IN REALISTISCHEN „USE CASES“, VDI AUTOREG 2011, Baden Baden