

Ziel des Projekts war die Entwicklung von prädiktiven Maßnahmen, die den Energieverbrauch von Elektrofahrzeugen senken. Das Projekt wurde in Zusammenarbeit mit Porsche an einem modifizierten Boxster mit Elektroantrieb durchgeführt, das Ergebnis sollte sich jedoch auf weitere Elektrofahrzeuge übertragen lassen.

Um dieses Ziel erreichen zu können, hat man sich im Karlsruher Institut für Technologie (KIT) auf die Entwicklung einer autonomen Längsführung konzentriert. Im Klartext bedeutet das, dass dem Fahrzeug auf Basis von detaillierten Streckendaten stets die optimale Geschwindigkeit vorgegeben werden soll – diese Unterstützung soll in Form eines intelligenten Abstandsregeltempomaten (ACC) in das Fahrzeug integriert werden. Der Fahrer muss dann lediglich lenken und bei Bedarf eingreifen. Um dieses Ziel erreichen zu können, mussten diverse Herausforderungen gemeistert werden.

Zunächst wurde ein funktionales Konzept erarbeitet, aus dem anschließend Anforderungen definiert und das Verhalten des Fahrerassistenzsystems mit drei Fahrprogrammen (Sport,



Abb. 1: Eingblendete Fahrhinweise

Normal, Range) sowie drei Betriebsmodi (normal, angeleitet, pilotiert) festgelegt.

Der angeleitete Modus unterstützt den Fahrer mit Fahrhinweisen (optisch und haptisch, z. B. durch Vibration im Fahrpedal), um eine möglichst angepasste Geschwindigkeit zu gewährleisten. Dies kann auch adaptiv geschehen – bei mehrmaliger verzögerter Reaktion des Fahrers wird der Fahrhinweis künftig zu

einem früheren Zeitpunkt eingeblendet. Im pilotierten Modus übernimmt das Fahrerassistenzsystem selbstständig die Beschleunigung bzw. Verzögerung und blendet lediglich Hinweise dazu ein, weshalb das Fahrzeug die jeweilige Aktion ausführt.

Im Anschluss an die Definition der Fahrprogramme und Betriebsmodi wurden die Softwarearchitektur und die

## Das vorausschauende Elektrofahrzeug

### Assistenzsysteme für den effizienten Energieeinsatz bei Elektrofahrzeugen

Das Karlsruher Institut für Technologie (KIT) hat zusammen mit dem Bundesministerium für Bildung und Forschung innerhalb des Verbundprojekts „Assistenzsysteme für effizienten Energieeinsatz bei Elektrofahrzeugen“ untersucht, ob sich die Energieeffizienz eines Elektrofahrzeugs steigern lässt, indem detaillierte Kartendaten als Basis für die Längsführung und das Fahrzeugverhalten dienen können. Dieses Verbundprojekt lief unter der Förderbekanntmachung „STROM“, die darauf abgezielt hat, den Verzicht auf fossile Brennstoffe sowie Elektromobilität als Schlüsseltechnologie zu erforschen. Nicht zuletzt sollte Deutschland dabei als Leitmarkt für die Elektromobilität etabliert sowie neue Partnerschaften zwischen Wirtschaft und Wissenschaft geschlossen werden.

## Übersicht





Schnittstellen zwischen den einzelnen Softwaremodulen sowie zu anderen Teilprojekten ausgearbeitet.

Im Verlauf des Projekts wurde eine Testumgebung aufgebaut, die dazu dienen sollte, die entwickelte Funktion vor dem Einsatz im Realfahrzeug testen zu können. Ziel dabei war es, dass die Steuergeräte das identische Verhalten aufweisen, wie im realen Fahrzeug. Die Testumgebung bestand dabei aus dem Prototypensteuergerät, das die Befehle für die Längsdynamik an das Motorsteuergerät des Testfahrzeugs gesendet hat. Ergänzend wurde die gesamte Verkabelung der Hardwarekomponenten (z. B. Gaspedal, Bremslichtschalter etc.) aufgesetzt. Das virtuelle Fahrzeug wurde in diesem Fall von der offenen Integrations- und Testplattform CarMaker von IPG Automotive simuliert. Das Bedienkonzept von CarMaker ist an den realen Fahrversuch angelehnt. Ein virtueller Fahrer führt vordefinierte Fahrversuche auf simulierten Straßen durch, die auf realen GPS-Daten basieren.

Als Validierungsumgebung hat man während des Projekts auf einen Hardware-in-the-Loop-Prüfstand von IPG Automotive (Echtzeitrechner im Verbund mit Steuergeräten) zurückgegriffen. Mithilfe dieses Prüfstandes konnte sowohl die Entwicklung der energieeffizienten Fahrfunktionen als auch deren Test realisiert werden. Hierbei haben die Projektverantwortlichen die Erkenntnis gewonnen, dass auch ein kleiner Echtzeitrechner bei der Entwicklung von Fahrzeugfunktionen

einen großen Nutzen bietet. Durch ihn wird es unter anderem ermöglicht, neue Funktionen bereits dann zu testen, wenn noch kein reales Prototypenfahrzeug verfügbar ist.

CarMaker lief in diesem Testumfeld auf einem Xpack4-Echtzeitrechner.

Im virtuellen Fahrversuch ist reproduzierbares und risikofreies Testen möglich. So können automatisiert und in kürzester Zeit Millionen von Kilometern Fahrversuch durchgeführt werden. Auf diese Weise ist es kostengünstig, effizient und ohne jede Gefahr für Personal, Fahrzeuge und Testgelände möglich, Effekte von Software- bzw. Parameteränderungen zu analysieren. Durch diese Vorgehensweise wird die Anzahl der benötigten Prototypen drastisch reduziert und die Zeit zur Markteinführung des Fahrzeugs massiv verkürzt.

**Testablauf**

Im Zuge der Testfallgenerierung für das Forschungsprojekt wurde ein Testkatalog aufgebaut, der insgesamt ungefähr 90 verschiedene Testfälle umfasst hat.

Dabei wurde für jede bekannte Anforderung an das System ein entsprechender Testfall erzeugt, welcher die jeweilige Anforderung überprüft. Weitere Testfälle wurden durch das „abfahren“ komplexer Szenarien gebildet.

Dabei wurde das virtuelle Fahrzeug auf Straßen wie Autobahnen, Landstraßen oder innerstädtischen Straßen bewegt, die realen Straßen-

verläufen nachempfunden waren. Diese bestimmten Testfälle bieten den Vorteil der Kombination verschiedener Eingangssignale, die den realen Fahrbetrieb realistisch nachempfinden.

**Fazit**

Der HIL-Prüfstand hat den Entwicklern dabei geholfen, die Lauffähigkeit der gewünschten Funktionen zu überprüfen. Im Laufe des Projekts hat die Software dabei eine derartige Reife erreichen können, dass sie den Test im realen Fahrzeug ermöglicht und entschieden vereinfacht hat. Bei den darauffolgenden Tests im realen Prototyp lag das Hauptaugenmerk auf der Verbesserung des Komforts.

Folgende Meilensteine konnten mithilfe der offenen Integrations- und Testplattform CarMaker sowie den Echtzeitsystemen von IPG Automotive erreicht werden:

- Die Entwicklung eines Assistenzsystems für einen energieeffizienten Fahrzeugbetrieb
- Nutzung des Assistenzsystems während angeleiteter und pilotierter Fahrt
- Betriebsmodi für die Anpassung des Systemverhaltens an die Wünsche des Fahrers
- Aufbau eines HIL-Prüfstands, der die Entwicklung sowie den Test der autonomen Längsführung ermöglicht

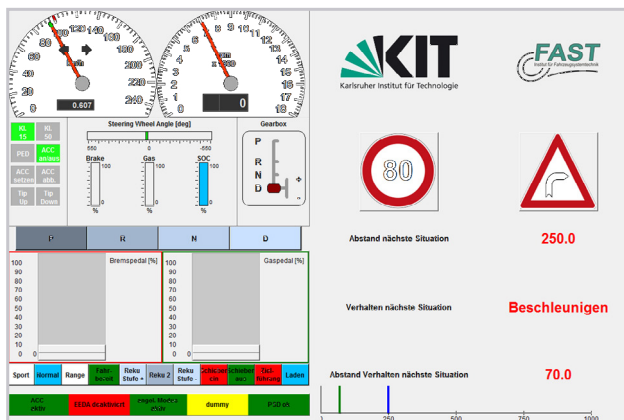


Abb. 2: Modifizierte CarMaker Instruments GUI



Abb. 3: Abfahren eines Testszenarios