

Bild © [M] Gregor Kervina / dreamstime.com

AUTOREN



DIPL.-ING. DIRK GUNIA

ist als Gruppenleiter verantwortlich für die weltweite Entwicklung von kamerabasierten Fahrerassistenzfunktionen bei der Ford-Werke GmbH in Köln.



DIPL.-ING. (FH) JÜRGEN SCHÖLING

betreut den Kunden Ford bei der Berner & Mattner Systemtechnik GmbH in Köln.

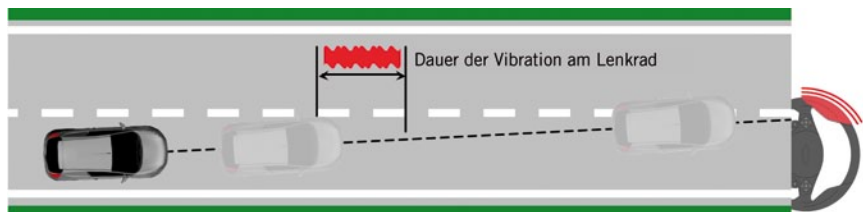
KONZEPT DES ASSISTENZSYSTEMS

Das Konzept für den Fahrspur-Assistenten von Ford besteht aus zwei Varianten: Der Fahrer kann für den Fall, dass das Fahrzeug die Spur verlässt, zwischen einer Warnfunktion und einer Führungsfunktion wählen: Lane Keeping Alert, ①, und Lane Keeping Aid, ②. Beide Varianten bedienen sich einer Kamera als Sensor, um Fahrbahn und Fahrbahnlinien zu erkennen. Die korrekte Erkennung der eigenen Fahrspur und die kontinuierliche

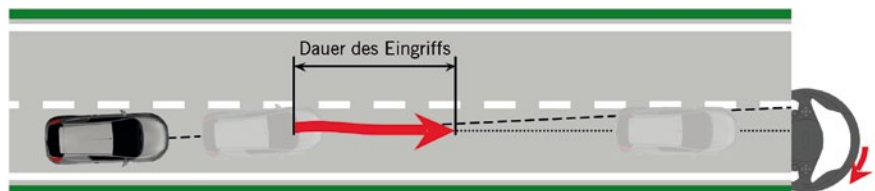
Berechnung des Referenzlenkwinkels sowie die sichere Führung des Fahrzeugs in der Spur müssen in entsprechenden Tests abgesichert werden.

Die Warnfunktion des Fahrspur-Assistenten ist in ① skizziert. Diese Funktion greift über eine Vibration des Lenkrads als Warnung ein, wenn der Fahrer die markierte Fahrspur verlässt.

Die Führungsfunktion, ②, reagiert früher mit einem überlagerten Lenkungsmoment. Dieses muss „weich“ sein und vom Fahrer übersteuert werden können. Lenk-



① Warnfunktion im Fahrspur-Assistenten



② Führungsfunktion im Fahrspur-Assistenten

MODELLBASIERTES TESTEN DES FAHRSPUR-ASSISTENTEN VON FORD

Fahrerassistenzsysteme verbessern die Sicherheit im Straßenverkehr entscheidend, doch die Anforderungen an die Qualitätskontrolle sind immens, und Testergebnisse können bis zuletzt Änderungen nötig machen. Späte Änderungen verursachen jedoch höhere Kosten und Verzögerungen im Projekt. Das Beispiel des Fahrspur-Assistenten von Ford zeigt, wie sich mit modellbasierter Entwicklung – und der entsprechenden begleitenden durchgängigen Teststrategie – Fehlerquellen frühzeitig ausschließen und teure Tests mit Prototypen reduzieren lassen.

gefühl und Lenkverhalten des Fahrzeugs entsprechen dabei in etwa einem Manöver, bei dem das Fahrzeug aus einer Spur rille gefahren wird.

Damit das System warnen oder eingreifen kann, ermittelt die Kamera die Position des Fahrzeugs in der Spur. Basierend auf dieser Position bestimmt die Kamera, ob sich das Fahrzeug in einer Warnungs- oder Eingriffszone befindet. Es gibt einige Bedingungen, die den Assistenten grundsätzlich ausschalten, beispielsweise, wenn ein Blinker gesetzt wird oder die Fahrzeuggeschwindigkeit auf eine Stadtfahrt schließen lässt. Der Lenkeingriff des Assistenten darf auf keinen Fall irritieren, sodass das Steuergerät auch bei einem Ausfall der Servolenkung kein unkontrollierbares Drehmoment erzeugt.

TESTREIHEN IN JEDER PHASE

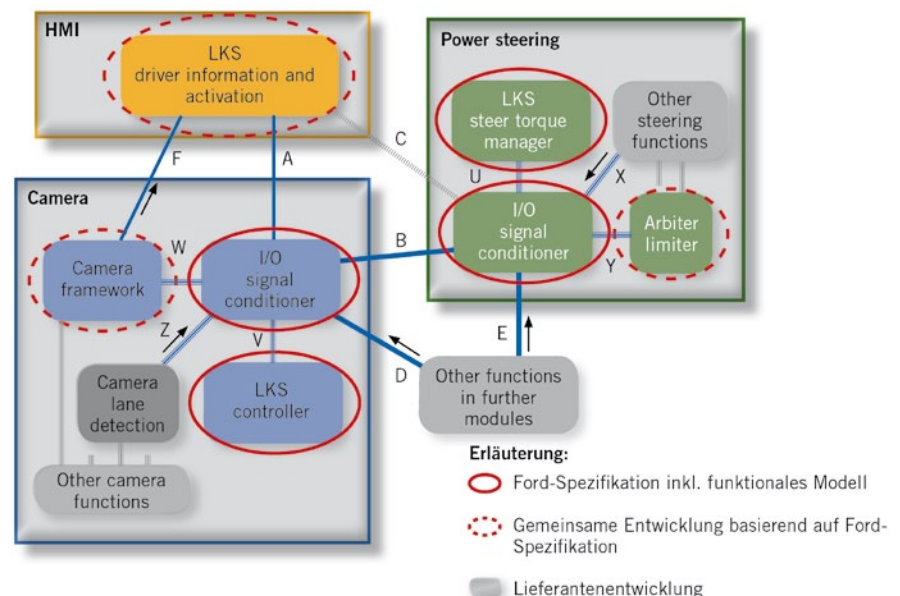
Der Fahrspur-Assistent von Ford wurde modellbasiert entwickelt. Diese Methode erleichtert unter anderem die Aufteilung der Entwicklung zwischen Automobilhersteller und Tier-1-Zulieferer. Der Fahrspur-Assistent (Lane Keeping System, LKS) besteht aus drei, von Ford entwickelten funktionalen Blöcken, ③: Der „LKS controller“ bestimmt, ob ein Eingriff stattfinden soll, und berechnet dann alle benötigten Signale für die Lenkung und das

Kombiinstrument. Auf der Lenkungsseite entwickelte Ford den Lenkmomentmanager „LKS steer torque manager“. Diese Funktion bestimmt, ob eine Warnung oder ein Eingriff durch die Lenkung ausgeführt werden kann, und wenn ja, mit welchen Lenkungsmomenten. „LKS signal conditioner“ schließlich ermöglicht die Anpassung und Benutzung der beiden anderen funkti-

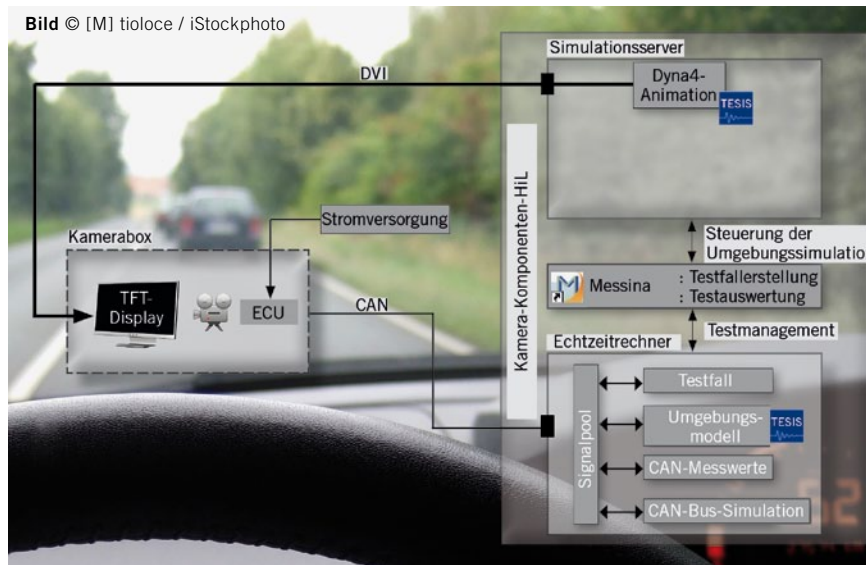
onalen Blöcke in verschiedenen Fahrzeugplattformen und unterschiedlichen elektrischen Architekturen.

MODEL-IN-THE-LOOP-VERSUCHE

In jeder Phase einer Entwicklung können sich Fehler einschleichen, die erst durch einen Test bemerkt werden. Je später dies



③ Aufteilung der Entwicklungsprozesse für das Haus Ford beim Fahrspur-Assistenten (Lane Keeping System, LKS) – mit Ford-typischen Bezeichnungen in Englisch



4 Architektur des Kamera-HiL-Testsystems

geschieht, desto teurer wird die Fehlerbehebung. Wenn man sich über Modelle annähert, lässt sich bereits in einer frühen Phase verifizieren, ob die zugrunde gelegten Verhaltensannahmen, Algorithmen und Verfahren zutreffen und sich das System richtig verhalten wird. Durch die virtuelle Integration von Steuergerätefunktionen und Umgebungsmodellen kann man verteilte Funktionen bereits in einer frühen Phase des Entwicklungsprozesses analysieren und Designfehler schnell und kostengünstig beheben.

Die Testplattform Messina von Berner & Mattner erlaubt systematisierte Tests von modellbasiert entwickelten Steuergerätefunktionen durch eine realitätsnahe Umgebungssimulation. Entwicklern und Testern bietet die Plattform damit ein leistungsfähiges Framework mit modellbasierter Simulation, virtueller Integration und automatisierten Testreihen.

Die Funktionsmodelle des Ford-Fahrspur-Assistenten wurden im Sinne des Model-in-the-Loop (MiL) in die Plattform

Messina integriert. Die Stimulation der Funktionsmodelle erfolgte mit der Dyna4-Suite von Tesis Dynaware. Diese Umgebungssimulation wurde ebenfalls in die Plattform integriert. Sie simulierte das Eigenfahrzeug und die Fahrbahngeometrie. Über geeignete Parameter wurden verschiedene Testscenarien geschaffen, sodass das Umgebungsmodell dem Funktionsmodell des Fahrspur-Assistenten Signalverläufe zur Verfügung stellen konnte. Die Modelle des Fahrspur-Assistenten wurden mit der Plattform realitätsnah in Echtzeit simuliert und getestet. Diese MiL-Tests erlauben komplexe Zeitverlaufs- und Signalverlaufsanalysen, die dann später im Hardware-in-the-Loop-Test (HiL) der Komponenten wieder verwendet werden können.

TRAINING AUF VIRTUELLEN STRASSEN

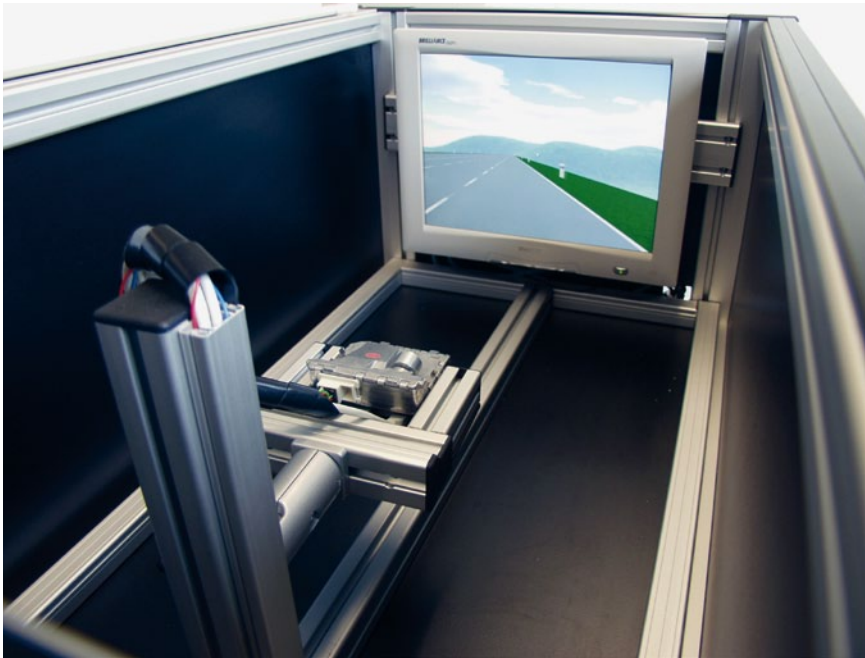
Das Kamerasteuerungsgerät wurde einem ausgiebigem HiL-Test unterzogen. Um die Testparameter zu formulieren, wurden

zunächst Szenarien identifiziert, die Einfluss auf das System haben können. Diese sind zum Beispiel:

- : Straßenparameter: Straßenkrümmung, Anzahl der Fahrspuren, Straßen- beziehungsweise Fahrspurbreite, Straßenrand, Straßensteigung und -gefälle
- : Fahrbahnmarkierungsparameter: Verfügbarkeit der Straßenmarkierung, Qualität/Kontrast der Straßenmarkierung, Typ der Straßenmarkierung, Farbe der Straßenmarkierung, Breite der Straßenmarkierung, Besonderheiten (Zebrastrifen, Teerstrifen, Kreuzungen etc.)
- : Eigenfahrzeugparameter: Fahrmanöver, Nickwinkel des Fahrzeugs, Wankwinkel des Fahrzeugs, Geschwindigkeit des Fahrzeugs
- : Umgebungsparameter: Tag/Nacht, Schnelle Helligkeitsübergänge (Tunnel, Brücken etc.), Schatten auf der Straße (Brücken, Häuser etc.).

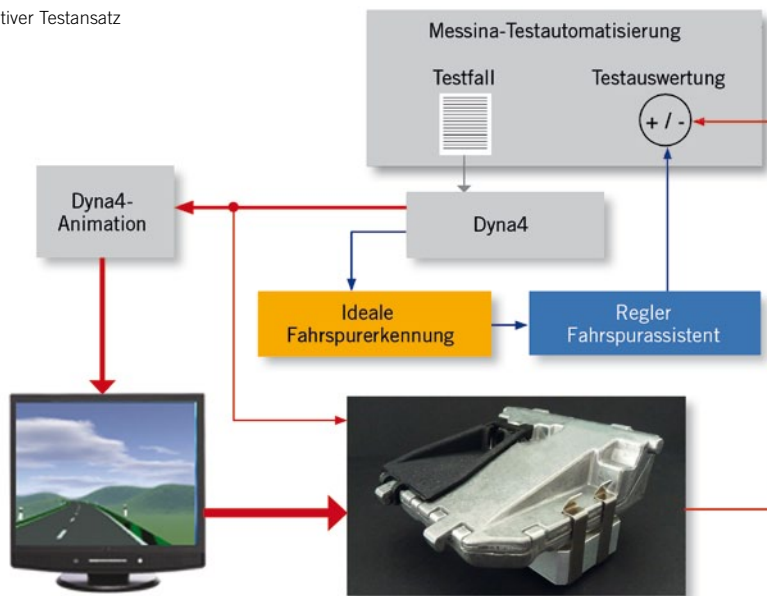
Um aus der Fülle der möglichen Kombinationen der Parameterwerte sinnvolle Testscenarien entwickeln zu können, die Testabdeckung zu optimieren und Doppelungen auszuschließen, bediente sich das Entwicklerteam bei Ford des Klassifikationsbaumeditors CTE XL von Berner & Mattner. Dieser Editor bot den Vorteil, dass die mit ihm erstellten Testscenarien direkt Testfälle in Messina erzeugen konnten, die dann im Kamera-Komponenten-HiL automatisiert durchgetestet wurden. Hierzu gehörte die Kamera mit dem Steuergerät, welches die Bildverarbeitungsalgorithmen und die Funktionsmodelle zur Realisierung des Fahrspur-Assistenten beinhaltete. 4 zeigt die Architektur des Kamera-HiL-Testsystems.

Das Steuergerät war über CAN-Bus mit dem HiL-Echtzeitrechner verbunden, der für das Steuergerät einen zugehörigen Fahrzeugrestbus simulierte. Messina-HiL griff über die CAN-Kommunikation die Ausgabe des Steuergeräts während des



5 Einblick in den Kamera-Komponenten-HiL-Prüfstand

6 Quantitativer Testansatz



Testbetriebs ab, sodass zu jedem Zeitpunkt die vom Kamerasteuergerät erfasste und ausgewertete Information vorlag.

Die Kamera wurde – mit einem Gehäuse von äußeren Einflüssen abgeschirmt – vor einen TFT-Monitor gesetzt, der ihr die synthetischen Szenarien vorspielte. Neben Messina-HiL und dem Kameragehäuse nebst TFT-Monitor war der Simulations-PC die dritte Komponente. Er diente auch als Bedien-PC für den Kamera-Prüfstand, 5, und tauschte Daten wie beispielsweise

Szenarioparameter aus Testfällen mit dem HiL-Testsystem aus.

Zweierlei Tests wurden gefahren: Zum einen überprüfte der qualitative Test, ob der Fahrspur-Assistent grundsätzlich funktionsfähig ist. Dabei wurde durch die in Testfällen hinterlegten Fahrzeugmanöver eine Reaktion des Fahrspur-Assistenten provoziert. Reagierte dieser daraufhin mit der erwarteten Ergebnisausgabe oder nicht wie erwartet, so galt der Testfall als bestanden beziehungsweise nicht bestanden.

Der quantitative Test, wie in 6 dargestellt, verglich zum anderen die über die Kamera stimulierten Reaktionen mit denen, die im Model-in-the-Loop-Umfeld mit den jeweiligen Parametern „getriggert“ wurden. Auf diese Weise konnte zur Testauswertung jeweils die Ausgabe des Funktionsmodells als Referenz herangezogen werden, um die Ausgabe des Steuergeräts zu bewerten.

FAZIT

Abschließende Fahrtests, die zum Beispiel das Verhalten der Kamera bei Gegenlicht oder Nebel untersuchen, kann eine Simulation natürlich nur zum Teil ersetzen. Ziel war es, beliebig reproduzierbare Szenarien zu erzeugen. So ließ sich jede Softwareversion automatisch durch sämtliche Testszenarien schicken. Die Möglichkeit, entwicklungsbegleitend Modelle, Software und Hardware immer und immer wieder weitgehend automatisch zu testen, klärt auftauchende Probleme frühzeitig. In jedem Stadium der Entwicklung liegt sodann eine dokumentierte Evolutionsgeschichte der Optimierung vor.

Durch die modellbasierte Vorgehensweise und die MiL-HiL-Durchgängigkeit von Messina lassen sich zudem – ohne großen Aufwand für den quantitativen Testansatz – Referenzdaten erzeugen. Ford und Berner & Mattner haben im beschriebenen Fall ein idealtypisches Beispiel geliefert und einen signifikanten Teil der nötigen Testfragen in frühen Phasen der Entwicklung beantwortet.

LITERATURHINWEISE

[1] Gunia, D.; Plaumert, R.; Tatschke, T.: Der Spurhalteassistent von Ford – vom Konzept bis zur Verifikation. Vortrag, Aachener Kolloquium Fahrzeug- und Motorentechnik, Aachen 2010
 [2] Dittel, T.; Aryus, H.-J.: How to “Survive” a Safety Case According to ISO 26262. In: Proceedings of the 29th International Conference on Computer Safety, Reliability, and Security (Safecomp 2010), Vienna, Austria, September 14-17, 2010, Series: Lecture Notes in Computer Science, Springer-Verlag, Heidelberg, 2010

DOWNLOAD DES BEITRAGS
www.ATZonline.de

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