



© EFS

# Toolkette zur virtuellen Absicherung von Bremsregelsystemen

Die Absicherung von Bremsregelsystemen erfolgt zunehmend simulationsgestützt am Prüfstand. Performance und Testgeschwindigkeit werden maßgeblich vom Automatisierungsgrad der Toolkette bestimmt. Die Elektronische Fahrwerkssysteme GmbH (EFS) zeigt ihren Weg hin zum vollautomatisierten Testdurchlauf und den Umstieg der Gesamttoolkette im laufenden Betrieb.

## MODELLBILDUNG FÜR VIRTUELLE ABSICHERUNG

Zunehmend werden dem virtuellen Fahrversuch aus Gründen der Funktions- und Derivatevielfalt sowie zur Effizienzsteigerung Testaufgaben und Absicherungsaufgaben anvertraut. Um den stark anwachsenden Umfängen virtueller Absicherungsmethoden begegnen zu können, muss neben der Fahrdynamikmodellierung jedoch auch die gesamte Arbeitsumgebung des virtuellen Fahrversuchs flexibel und hochautomatisierbar sein und vielen weiteren Anforderungen genügen. Hier wird die Entwicklung einer solchen Anforderungsprüfung

untersucht und aufgezeigt, wie der vollständige Wechsel einer bestehenden Toolkette zur Absicherung von Bremsregelsystemfunktionen an Hardware-in-the-Loop (HiL)-Prüfständen im laufenden Betrieb vollzogen werden konnte und welche Motivatoren die Einzelkomponenten definiert haben.

## UMFANGSSCHÄTZUNG UND HANDLUNGSMÖGLICHKEITEN

Die Untersuchung beginnt im Jahr 2011 für die Absicherung ausgewählter Bremsregelfunktionen, wie die elektronische Parkbremse und das zentrale Halte- und Verzögerungsmanagement, auf HiL-Prüf-

ständen. **BILD 1** zeigt dabei die Entwicklung der Testumfänge sowie die Personaldicke. Sowohl Personal als auch Testumfänge, gemessen in Anzahl am ESC-HiL durchführbarer Manöver, steigen kontinuierlich mit leicht exponentiellem Charakter. Testdurchführung, Prüfstandsgestaltung und Modellentwicklung sind bei Beginn der Betrachtung zwischen 2011 und 2014 stark durch hoch spezialisierte Funktionsmanipulation der zu testenden Softwarekomponente geprägt: Jeder Testumfang einer Komponente ist einem eigenen Prüfstand samt individualisiertem Bremssystem, Restbus-Fahrdynamikmodell Anpassungen und spezialisiertem Entwicklungspartner zugeordnet.

## AUTOREN



**Dr. Paul Spannaus**

ist Fachreferent für Fahrzeugdynamik bei der Elektronische Fahrwerksysteme GmbH (EFS) in Gaimersheim bei Ingolstadt.



**Christoph Kossira**

ist Abteilungsleiter Fahrwerksimulation bei der Elektronische Fahrwerksysteme GmbH (EFS) in Gaimersheim bei Ingolstadt.

Mitte 2013 beginnt die intensive gewerkgebundene Projektumstrukturierung. **BILD 1** zeigt den Zeitpunkt Mitte 2014 als Referenz für die Normierung von Ressourcenbedarf und Testumfang im Moment der Gewerkübernahme durch einen Verantwortlichen (Phase 1). Im Zuge der Gewerkbildung wich die tatsächliche Mitarbeiterressourcenplanung erstmals signifikant von der erwarteten und zu diesem Zeitpunkt notwendigen Mitarbeiterbedarfskurve ab. Um die anstehenden Software-Absicherungsläufe zu bewerkstelligen, wurden alle bestehenden Arbeitsmethoden untersucht, um schnell greifbares Optimierungspotenzial

zu nutzen. Hierbei dominiert vor allem die Ressourcenfokussierung mittels durchgängiger Standardisierung mit einheitlichen Fahrdynamikmodellen und Simulatoren Aufbau, Strukturierung der Prüffläche sowie Anbindung an die leistungsstarke OEM-IT-Infrastruktur.

Hinter dem Umstand der absehbaren deutlichen Steigerung der Testumfänge durch einen stark zunehmenden Vernetzungsgrad (Antrieb, Fahrwerk, Bremsregelsystem etc.) und Funktionsumfang (Fahrerassistenz wie automatisierter Folgefahrt, Spurhaltefunktion etc.), zeigt sich mit Phase 2, **BILD 1**, dass über weitere Optimierungen der HiL-Hardware-Umgebung keine zusätzlichen Effizienzsteigerungen mehr möglich werden, sondern dass neue Handlungsoptionen geprüft werden müssen: Möglichkeit 1 wäre die Planung ohne Änderung der Toolkette und Aufbau von Mitarbeitern, Möglichkeit 2 fokussiert die Anpassung der Simulationstoolkette. Der Toolumstieg darf dabei den Kostenvorteil der eingesparten Testressourcen nicht übersteigen.

### DEFINITION UND FESTLEGUNG EINER SIMULATIONS-TOOLKETTE

Wesentliche Rahmenbedingungen, die in dieser Anforderungssuche identifiziert werden konnten, lassen sich in fünf wesentliche übergeordnete Kategorien einteilen. Die Toolkette zur Absicherung von Bremsregelsystemen an einem Hardwareprüfstand muss

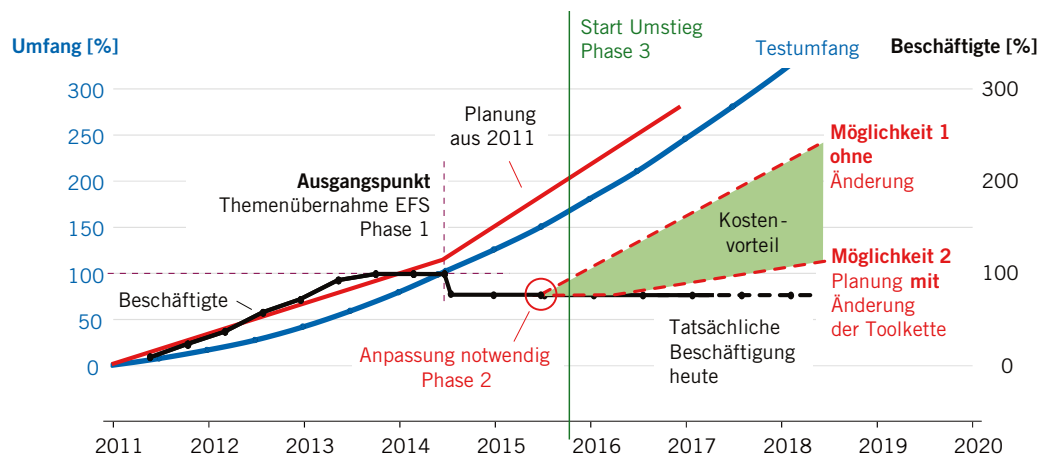
- dem Stand der Technik genügen und standardisierte Schnittstellen aufweisen
- die Möglichkeit der Zertifizierung bieten

- eine professionelle Toolumgebung darstellen
- dabei flexibel und intuitiv in der Bedienung sein
- sowie die Anbindung an Konzernstandards (Steuergerätekommunikation, Prüfstandsautomatisierung und ähnliche) ermöglichen.

Gemessen an diesen Anforderungen erwies sich die bestehende Toolkette als nicht zukunftsfähig. Sie kann jedoch wichtige Erfahrungswerte für die Definition einer neuen zukunftsweisenden Arbeitswelt schaffen, in der die Fahrdynamiksimulation als Kernbaustein fungiert, aber nicht alle wesentlichen Anforderungen allein bietet. **BILD 2** zeigt die Definition einer Ziel-Toolkette.

Die zu testenden Anforderungen werden in Doors gepflegt und sind automatisiert auszulesen. Beispielsweise sollen fahrzeugspezifische Parameter im Anforderungsdokument gewartet werden und nicht in der Testfalldefinition. Exam bildet als Konzernstandard die Automatisierungsfunktionen für den Gesamtprüfstand an. Odis definiert die Kommunikation mit dem Steuergerät. Der entscheidende Vorteil bei der Wahl der Softwarepakete liegt in ihrer Verantwortlichkeit und konzernweiten Aufmerksamkeit. Treten Fehler in einem dieser Konzernwerkzeuge auf, werden diese durch einen großen Nutzerkreis schnell gefunden und durch eine entsprechend leistungsstarke Support- und Entwicklungsmannschaft gepflegt. Die Wartung obliegt damit nicht dem für die Testdurchführung verantwortlichen Team.

Neben der Automatisierung soll es möglich werden, entwicklungsbegleitend am Hardwareprüfstand Funktions- und



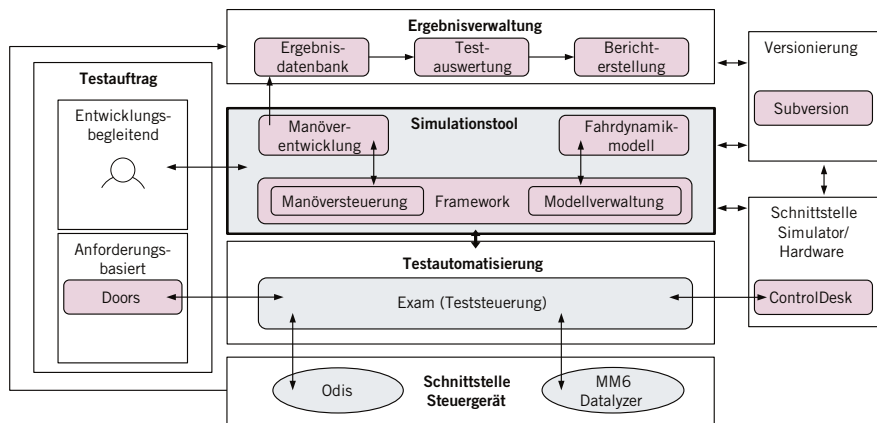
**BILD 1** Ressourcenplanung und Testumfangsentwicklung der Testumfänge aus der virtuellen Absicherung von Bremsregelsystemen mit den wichtigen Phasen: 1) Gewerkbildung und Themenübernahme durch einen Verantwortlichen, 2) Grundsatzentscheidung am Maximum der Optimierung der bestehenden Toolkette, 3) Umsetzung der Entscheidung zum Toolkettenumstieg (© EFS)

Softwaretests durchzuführen, ohne an das Fahrzeug beziehungsweise an einen Technikträger gehen zu müssen. Eine entsprechende Toolkette sollte intuitives und flüssiges Arbeiten ermöglichen. Durch die Prämisse der Toolkette auf kommerzielle Software und konzernweite Standardverfahren zu bauen, bleibt in der Gesamtkette die Frage nach dem optimalen Simulationswerkzeug für die Fahrdynamikberechnung. Drei markt-bekannte Vertreter der Fahrdynamik-simulation wurden hierzu in den Evaluierungsprozess eingebunden.

Die Evaluierung enthält neben Kata-logwertauswertungen eine wichtige Praxisphase, in der Testsysteme mit der jeweiligen Simulationssoftware aufge-baut wurden. Zwei Gruppen der Kate-gorien „Erfahrener Mitarbeiter“ und „Neuer Mitarbeiter“ wurde die Aufgabe übertragen, mit dem ihnen möglichen Einsatz und dem technischen Support der Hersteller bestehende und neue Testumfänge für eine spezifische Brems-regelfunktion auf dem konkreten Prüf-system umzusetzen. Dabei wurden unter anderem die Messgrößen Einarbeitungs-zeit, Bedienbarkeit und Usability in einem festen Zeitfenster ungestörter Arbeit erfasst, **TABELLE 1**. Ergänzt wurde der Benchmark nach intensiven Kosten-verhandlungen um die finanziellen Aufwände. Die Kosten werden ebenfalls in **TABELLE 1** von 1 bis 3 (geringster bis höchster finanzieller Aufwand) gewertet. Aus funktionaler und technisch-fach-licher Sicht, wurde der Anbieter 3 aus-gewählt, sodass Ende 2015 die Phase 3 des Projekts beginnen konnte, **BILD 1**.

## PROJEKT TOOLUMSTIEG

Um die über das Jahr angestrebten Softwarefreigabetermine halten zu können, galt es, den Umstieg mög-lichst schnell durchzuführen. Hier-für wurde für alle relevanten Test-umfänge (Testkataloge) ein Testfall-umzugstracking eingeführt. Bis zum 27. April 2016 mussten alle Testkataloge 100 % Umzugsquote erreichen, **BILD 3**. Synergieeffekte und die vollständige Überarbeitung aller Testfälle resul-tierten in der Hälfte der Testkataloge auch in einer Reduzierung der Test-umfänge, sodass die 100%-Marke den überarbeiteten Stand der Doors-Anforderungen der Softwarefunktion repräsentieren. Über 20 Testkataloge



**BILD 2** Funktionale Anforderung und Aufbau einer Toolkette zur vollautomatisierten Absicherung von Bremsregelfunktionen am hardwaregestützten Prüfstand (© EFS)

| Kriterium   | Anbieter 1 | Anbieter 2 | Anbieter 3 |
|---|------------|------------|------------|
| Aufwand Testerstellung  | 100 %      | 50 %       | 25 %       |
| Dauer Testdurchführung  | 100 %      | n. b.      | 15 %       |
| Aufwand Testmigration   | 100 %      | n. b.      | 35 %       |
| Entwicklungsbegleitendes Testing                                    | -          | n. b.      | +          |
| Technischer Support   | -          | +          | +          |
| Einarbeitungszeit   | -          | -          | +          |
| Bedienbarkeit, Usability  | -          | o          | +          |
| Aufwand Modelländerungen  | -          | n. b.      | +          |
| Debugging   | -          | n. b.      | o          |
| <b>Kosten</b><br>von 1 dem günstigsten bis 3 zum teuersten Anbieter |            |            |            |
| Lizenzen  | 2          | 1          | 3          |
| Aufwand Umstieg   | 3          | 1          | 1          |
| Interne Kosten Umstieg  | 1          | 2          | 2          |
| Wartung pro Jahr  | 3          | 1          | 2          |
| <b>Gesamtkosten</b>   | <b>2</b>   | <b>1</b>   | <b>3</b>   |

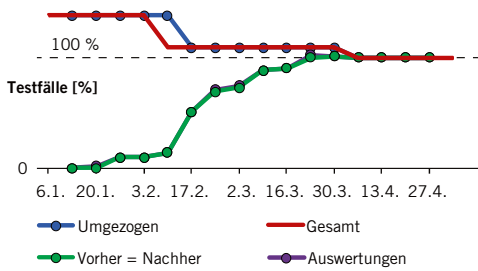
**TABELLE 1** Normierte Ergebnisse aus Evaluierungsprozess für Fahrdynamiksimulation am konkreten Testumfangskatalog einer Bremsregelfunktion (n. b. = nicht bewertbar wegen unvollständiger Prüfstandsrealisierung) (© EFS)

wurden in dieser Art in die neue Tool-landschaft überführt.

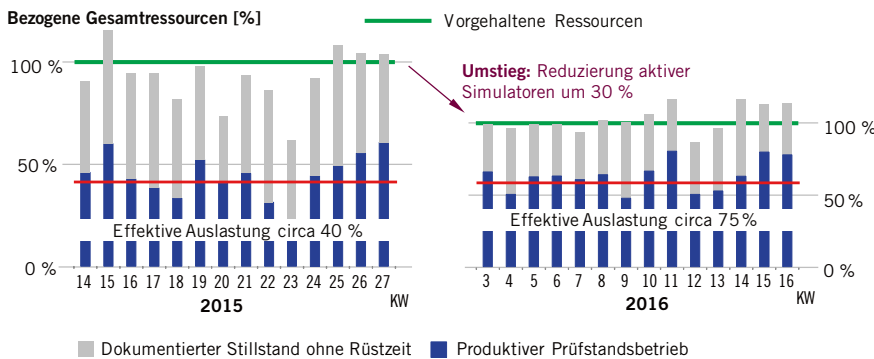
Das Testingteam führte den Gesamt-umstieg effektiv in drei Monaten durch. In diese Zeit fielen zusätzlich fünf vollständige Testdurchführungen samt Berichtgenerierung in der alten Toolkette. Der Umstieg der hier beschriebenen Gesamttoolkette stellt damit eine deut-liche Zusatzbelastung des Teams im operativ laufenden Betrieb dar. Dazu kam die Herausforderung für das Modell-entwicklungsteam, ein vollständig neu-artiges Fahrdynamikmodell neben dem laufenden Support der bestehenden Modelllandschaft valide aufzubauen.

## ERGEBNISSE UND ERFAHRUNGEN

Mitte April 2016 konnte der erfolgreich in der neuen Toolkette erzeugte erste Bericht aller durchgeführten Testfälle geschlossen und übergeben werden, und das bei 30 % eingesparter Prüfstands-ressource. Die freien Prüfstände stehen damit für neue Arbeitsumfänge zur Ver-fügung, **BILD 4**. Das Tracking listet auch den Nicht-Lauf eines Prüfstands, was freiem Potenzial entspricht. 100 % bezie-hen sich hierbei auf die maximale Zeit, die alle Prüfstände zusammen in acht Stunden an fünf Arbeitstagen leisten können. Mit der neuen Toolkette wird



**BILD 3** Umzugstracking eines spezifischen Testkatalogs einer Bremsregel­funktion mit der Normierung auf die Zielforderungen des Testkatalogs (© EFS)



**BILD 4** Ergebnis des Toolumstiegs heute: Reduzierung der Prüfstände, vollständiges Tracking der Prüfstands­auslastung, Näherung an die optimale Grenze von 85 % Auslastung eines Prüfstands (© EFS)

jeder Prüfstand dokumentiert stärker als vorher ausgelastet. **TABELLE 2** fasst die wesentlichen Ergebnisse dieser Performanceuntersuchung an einem Prüfstands­aufbau mit drei spezifischen Funktions­durchläufen bei exakt identischem Testumfang in der neuen und der alten Toolkette zusammen.

Mit der Automatisierung des Codierens (Verbaustand des Fahrzeugs), des Datensatzschreibens (Fahrzeugparameter, Reifendaten) und dem Setzen der Anpasskanäle ist es mit der neuen Toolkette möglich geworden, eine gesamte Absicherung eines Softwarestands ohne Prüflaufabbruch durchzuführen. Nächste Schritte werden die automatisierte Aneinanderreihung mehrerer Testkataloge sein, mit dem Ziel des Dauer-

laufs zur Gesamtabsicherung einer Software-Base-Line am HiL-Prüfstand. Nach einem Jahr aktiver Arbeit in der neuen Toolkette kann zusammenfassend eine Output-Steigerung in 2016 bezogen auf 2015 um Faktor 2,5 konstatiert werden, trotz des mit dem Umstieg verbundenen Aufwands.

### SCHWIERIGKEITEN UND HERAUSFORDERUNGEN IM UMSTIEG

Beim aktiven Umstieg und Wechsel von der etablierten Toolkette auf eine neue hatten alle beteiligten Ingenieure viele Einzelherausforderungen zu meistern, die nicht vollständig vorausgesagt werden konnten. Dazu gehört, dass jeder

Testfall angepasst und weitestgehend neu definiert werden musste und die Automatisierung intelligentes Fehlerhandling erfordert. Im Team gilt es in seiner Vielschichtigkeit ein gemeinsames Verständnis für eine Manöverbeschreibung zu finden, die unabhängig von einzelnen Testexperten interpretierbar ist. Hierzu ist eine gemeinsame Wissensbasis aller Teammitglieder unerlässlich.

Zusätzlich verändert sich die gewohnte Arbeitsweise grundlegend, neue Software- und Schnittstellenanpassungen erfolgen im laufenden Betrieb. Hierbei mussten auch harte Entscheidungen, ob die erforderliche Anpassung bei festen Abgabeterminen in der neuen oder der alten Toolkette realisiert werden muss, getroffen werden. Mut zur Veränderung und aktives Risikomanagement brachten das Großprojekt erfolgreich ins Ziel.

### ERFOLGSFAKTOREN

Die federführende Testautomatisierung wurde durch erfahrene Mitarbeiter gestaltet, die für eindeutige und harte Vorgaben bei der Umsetzung und die verpflichtende Verwendung neuer Standards eintraten. Das Tracking der Umzugsgeschwindigkeit half, Engstellen schnell zu identifizieren und eine adaptive Unterstützung bei sinkender Umzugsgeschwindigkeit in der entsprechenden Engstelle einzusetzen. Freie Radikale in Form flexibler Mitarbeiter halfen gezielt mit direktem und indirektem Support und Kapazitätsverschiebungen.

Der Toolumstieg stellte für die betroffenen Teams ein intensiv gelebtes Einschulungsprogramm dar, und die Toolkette war ab dem ersten Tag sofort für alle Testexperten verpflichtend. Die Toolhersteller unterstützten kontinuierlich und schnell mit professionellem Support. Und letztlich ist es der grandiose Einsatz des Teams, der den erfolgreichen Umstieg möglich machte, sodass heute das Potenzial der Simulationslandschaft weit über die Absicherung von Bremsregel­funktionen hinaus geht und zukünftige Themen wie hochautomatisiertes Fahren in den Fokus kommen können.

|   | Ausgangspunkt               | Stand 06/2016              |
|---|-----------------------------|----------------------------|
| <b>Automatisierungsgrad</b>                     | Gering                      | Exam -> Teststeuerung      |
| <b>Testfälle fertig umgezogen</b>               | 100 %                       | 98,4 %                     |
| <b>Laufzeit Prüfstand für Katalog 2   4   5</b> | 23:28 h   22:12 h   15:59 h | 12:04 h   10:17 h   8:23 h |
| <b>Bearbeitungszeit 2   4   5</b>               | 40 h   35 h   40 h          | 40 h   25 h   30 h         |
| <b>Dauer Testerstellung mit Auswertung</b>      | 100 %                       | 50 %                       |

**TABELLE 2** Gegenüberstellung der Durchlaufzeiten und messbaren Erfahrungen dreier großer Testumfänge (Katalog 2, 4 und 5) (© EFS)



**READ THE ENGLISH E-MAGAZINE**  
Test now for 30 days free of charge:  
[www.atz-worldwide.com](http://www.atz-worldwide.com)