

## Road to Rig Modellbasiertes Testen für E-Mobilität

Die voranschreitende Elektrifizierung von Fahrzeugen und die damit verbundene Komplexitätszunahme führt zu einem ständig steigenden Entwicklungsaufwand. Die Inbetriebnahme der Fahrzeuge mit immer komplexeren Softwaremodulen stellt aufgrund der gegenseitigen Beeinflussung der Funktionen und der dadurch erforderlichen großen Anzahl an Iterationschleifen eine wachsende Herausforderung dar.

In diesem Beitrag wird eine Testmethodik für die modellbasierte, straßenrealistische Erprobung am Prüfstand vorgestellt. Der modulare Modellbaukasten und die flexible Integration der Teilmodelle in die Prüfstandsautomatisierung ermöglichen mittels der Road to Rig (R2R) - Technologie eine Erprobung sämtlicher Fahrzeugkomponenten sowie des Gesamtfahrzeuges unter absolut straßenrealistischen Bedingungen. Am Prüfstand nicht vorhandene Komponenten des Prüflings werden durch entsprechende Modelle ersetzt. Auf dem Prüfstand werden mithilfe flexibel kombinierbarer Hardware- und Softwaremodule reproduzierbare Bedingungen für die Fahrzeugumgebung hergestellt. Dies sind Temperatur (wie z.B. -30°C bis 50°C in der ganzen Prüfkabine), Luftfeuchte, Oberfläche und Verlauf der Fahrbahn sowie der mittels GPS-Spoofing simulierte geografische Ort des Fahrzeuges. Weiters werden die Sensorsignale für Beschleunigung, Kameras, Radar und Lidar dem Fahrzeug zur Verfügung gestellt. Die zum Einsatz kommenden Prüfstände sind nach kürzester Rüstzeit verfügbar und können entsprechend flexibel an wechselnde Prüflingstypen und Testaufgaben angepasst werden.

Die integrative Entwicklung und Optimierung der Funktionsmodule und deren Vernetzung erfolgt durch die für die unterschiedlichen Funktionsbereiche zuständigen Teams simultan an einem Fahrzeug. Auf diese Weise werden die unterschiedlichen Betriebszustände des Fahrzeuges frühzeitig abgesichert, wobei unausgereifte Softwarestände keinerlei Beeinträchtigung

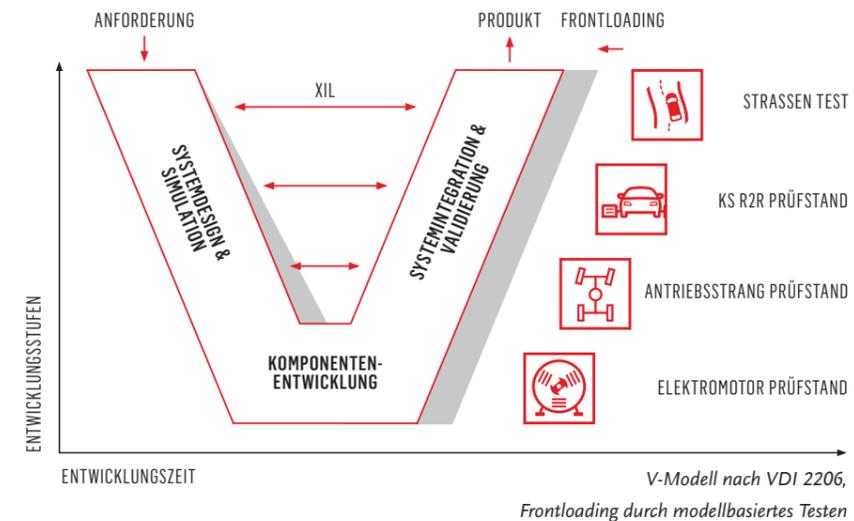


KS-R2R Gesamtfahrzeugprüfstand

der Personensicherheit bewirken. In modernen Antriebsstrangtopologien bedingt die Interaktion der verschiedenen Komponenten zur Abbildung der geforderten Funktionen immer die Betrachtung des Gesamtsystems (Function in the loop), um die Funktionalität zu verifizieren. Die vorgestellte Methodik führt durch die signifikante Einsparung bei der Anzahl der benötigten Versuchsfahrzeuge sowie durch die wesentliche Reduktion der Entwicklungszeit zu einer Verminderung der Entwicklungskosten und einer Verkürzung der Time to Market, bei gleichzeitig verbesserter Produktqualität.

### Herausforderungen bei der Entwicklung von elektrifizierten Antrieben

Mit zunehmender Elektrifizierung des Antriebs nehmen die Interdependenzen zwischen Funktionen der Fahrzeugelektrik und -elektronik und der Antriebselektronik zu. Einzelne Funktionen wie beispielsweise das Batteriemangement, Komfortfunktionen, ABS, ESP wirken auf das zur Verfügung stehende Antriebsmoment ein und beeinflussen einander wechselseitig. Daher ist es bereits in frühen Entwicklungsphasen unumgänglich, die einzelnen Abhängigkeiten bei der Gesamt- und in den Teilspezifikationen entsprechend berücksichtigen zu können. Bei der Entwicklungsverantwortung von Komponenten, Funktionen und Systemen für den Antriebsstrang kommt es durch die steigende Elektrifizierung auch zu einer Verlagerung. Von der bisherigen Powertrain-Entwicklung werden zunehmend mehr Arbeitspakete in die Elektrik/Elektronik-Entwicklung verschoben. Für diese interdisziplinär am Antriebsstrang arbeitenden Teams sind somit

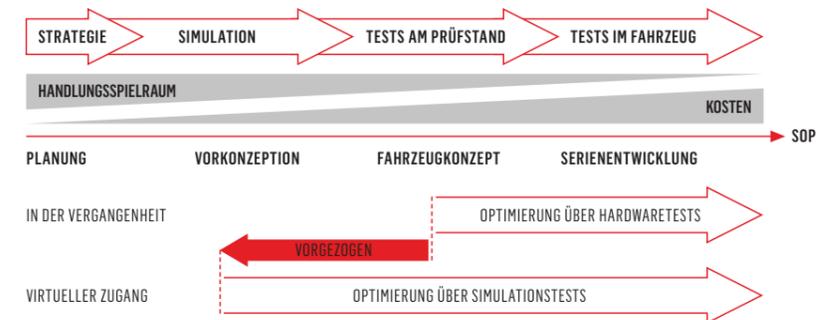


Kosten für die Fahrzeugvalidierung

gemeinsame Anforderungen, Testmethoden und Testequipments zu entwickeln, sodass eine gemeinsame, abgestimmte Absicherung erfolgen kann. Aus diesem Grund haben einige OEM beide Entwicklungsbereiche auch organisatorisch zusammengefasst. Vor diesem komplexer werdenden Hintergrund ist die Weiterentwicklung der Entwicklungsprozesse und die Kombination der etablierten Toolwelten Antrieb, Elektrik/Elektronik und Gesamtfahrzeugerprobung mit neuartigen, einfach zu nutzenden Prüfständen dringend geboten.

Entgegen der Ansätze des klassischen V-Modells, welche iterative Tests von Einzelmodulen bis hin zum Gesamtsystem nach sich ziehen, ermöglicht die neue Testmethodik basierend auf der R2R-Technologie eine Parallelisierung der Entwicklungsschritte in beliebigen Ebenen (XIL-Prüfstände). Teure Wiederholungen der Entwicklungsschleife und der Prototypenbedarf für Tests werden damit erheblich reduziert.

Die R2R-Prüfmethodik ermöglicht die signifikante Einsparung von Kosten und Entwicklungszeit bei wesentlich mehr Spielraum für dynamische Anpassungen der Anforderungen an das Endprodukt bis in späte Entwicklungsphasen. Dies ist vor allem im Hinblick auf die große Anzahl an möglichen Topologien in Verbindung mit der Elektromobilität und der zertifizierungsrelevanten Funktionsabsicherung von autonomen Fahrfunktionen durchaus relevant.



Kosten für die Fahrzeugvalidierung



KS ENGINEERS  
Kristl, Seibt & Co. Ges.m.b.H.  
Baiernstraße 122a  
A-8052 Graz

www.ksengineers.at

### AUTOMOTIVE TESTING

- Management und Automation Tools
- Tornado Software Suite
- Tornado Test Bed
- Tornado Order Management
- Intelligent Calibration Tool
- T-SIM

- Prüftechnik
- Motorenprüfstände
- R2R Gesamtfahrzeugprüfstand
- Rollenprüfstände
- Systemprüfstände
- Getriebe-/Antriebsstrangprüfstände
- Elektromotorenprüfstände
- Batteriesimulation und Test
- Heißgasprüfstände
- Komponentenprüfstände

- Medienversorgung und Medienkonditionierung
- Kühl-/Kaltwasserversorgung
- Kraftstoffversorgung
- Gasversorgung
- Druckluftversorgung
- Energieverteilung und -management
- Klimatisierung
- Sicherheits- und Gebäudeleittechnik
- Luftkonditionieranlagen
- Kühlmittelkonditionieranlagen
- Schmierölkonditionieranlagen
- Kraftstoffkonditionieranlagen
- Verbrauchsmessanlagen
- Sonderkonditionieranlagen

- Messtechnik und Zusatzkomponenten
- R2R Prüfrad
- ACDC Box
- Sensorbox



KS ENGINEERS  
Kristl, Seibt & Co. Ges.m.b.H.  
Baiernstraße 122a  
A-8052 Graz

www.ksengineers.at

Damit Entwicklungsprozesse auch in Zukunft ohne große Mehrkosten verlaufen und die Anzahl an notwendigen Prototypen reduziert werden kann, ist es unumgänglich, bereits aus Komponententests Rückschlüsse auf das Gesamtsystem ziehen zu können und Komponenten parallel zu entwickeln.

Einzelne Entwicklungsaufgaben und deren Validierung werden auf frühe Phasen verlagert (Frontloading). Zu diesem Zweck müssen Tests auf Systemebene unabhängig vom physikalischen Aufbau am Prüfstand mithilfe von Einsatzszenarien, anstatt wie bisher mit synthetischen Lastprofilen definiert werden. Sämtliche Messdaten und Aufbauten sind fahrzeug- und somit funktionsbezogen. Der Vorteil dieser Vorgehensweise ist, dass gewonnene Messdaten direkt mit Straßenmessungen verglichen werden können.

Fehlende Komponenten werden durch entsprechende Teilmodelle ersetzt. Für eine derartige Entwicklungsmethodik sind vernetzte Entwicklungsumgebungen mit vollkommener Durchgängigkeit der angewandten Methoden und Modelle die Voraussetzung. Ein großer Modellbaukasten mit definierten Schnittstellen an den Modellgrenzen garantiert die Wiederverwendbarkeit der Teilmodelle. Darüber hinaus wird ein einheitliches Datenmanagement mit einheitlichen Auswerteverfahren für Messdaten und Simulationsergebnisse vorausgesetzt (Big Data, AI).

Mithilfe automatisierter Tests können weite Teilbereiche der Modellierung, Kalibrierung und Absicherung vollautomatisch durchgeführt werden.

### Modularer Modellbaukasten

Für die Virtualisierung fehlender Teilkomponenten am Prüfstand sind echtzeitfähige Modelle notwendig, die das Verhalten der simulierten Komponenten mit möglichst geringem Rechenaufwand in ausreichender Genauigkeit beschreiben.

Wird eine physikalische Komponente durch ein entsprechendes Modell ersetzt, muss das Verhalten des Gesamtsystems unverändert bleiben. Idealerweise wird das jeweilige Teilmodell bereits vorab in der Simulation verwendet und anschließend direkt am Prüfstand eingebunden. Diese Vorgehensweise erlaubt es in weiterer Folge, Messergebnisse am Prüfstand direkt mit Simulationsergebnissen zu vergleichen und die verwendeten Teilmodelle sukzessive weiterzuentwickeln und an das reale Verhalten anzupassen.

Durch diesen iterativen Prozess werden die Modelle der einzelnen Komponenten bzw. im Verbund der Teilmodelle auch der virtuelle Prüfling (Digital Twin) immer detaillierter. Das gewonnene Modellwissen kann wiederum in der Simulation für Weiterentwicklungen und Folgeprojekte angewandt werden. Durch definierte Schnittstellen (Drehzahlen, Drehmomente, Restbus-signale etc.) zwischen den Teilmodellen und in weiterer Folge zum Prüfstand können vom Kunden beigestellte Modelle mit minimalem Zeitaufwand eingebunden werden. Sind beim Kunden noch keine entsprechenden Modelle vorhanden, ermöglicht ein modularer Modellbaukasten mit funktionalen Basismodellen den Einsatz von modellbasierten Entwicklungsmethoden am Prüfstand. Standardparametrierungen ermöglichen es auch unerfahrenen Bedienern, einfache Fahrmanöver innerhalb kürzester Zeit am Prüfstand zu testen.



Systemprüfstand

SIL/MIL	HIL	BATTERIE PRÜFSTAND	INVERTER PRÜFSTAND	ELEKTROMOTOR PRÜFSTAND	MOTOR PRÜFSTAND	GETRIEBE PRÜFSTAND	ANTRIEBSSTRANG PRÜFSTAND	SYSTEM PRÜFSTAND	ROLLEN PRÜFSTAND	KS R2R PRÜFSTAND	STRASSEN TEST
xCU	xCU	BMS	xCU	xCU	ECU	TCU	xCU	xCU	xCU	xCU	xCU
Batterie	Batterie	Batterie	Batterie	Batterie	Batterie	Batterie	Batterie	Batterie	Batterie	Batterie	Batterie
BSZ	BSZ	BSZ	BSZ	BSZ	BSZ	BSZ	BSZ	BSZ	BSZ	BSZ	BSZ
Inverter	Inverter	Inverter	Inverter	Inverter	Inverter	Inverter	Inverter	Inverter	Inverter	Inverter	Inverter
E-Motor	E-Motor	E-Motor	E-Motor	E-Motor	E-Motor	E-Motor	E-Motor	E-Motor	E-Motor	E-Motor	E-Motor
VKM	VKM	VKM	VKM	VKM	VKM	VKM	VKM	VKM	VKM	VKM	VKM
Getriebe	Getriebe	Getriebe	Getriebe	Getriebe	Getriebe	Getriebe	Getriebe	Getriebe	Getriebe	Getriebe	Getriebe
Triebstrang	Triebstrang	Triebstrang	Triebstrang	Triebstrang	Triebstrang	Triebstrang	Triebstrang	Triebstrang	Triebstrang	Triebstrang	Triebstrang
Rad/Reifen	Rad/Reifen	Rad/Reifen	Rad/Reifen	Rad/Reifen	Rad/Reifen	Rad/Reifen	Rad/Reifen	Rad/Reifen	Rad/Reifen	Rad/Reifen	Rad/Reifen
Karosserie	Karosserie	Karosserie	Karosserie	Karosserie	Karosserie	Karosserie	Karosserie	Karosserie	Karosserie	Karosserie	Karosserie
Fahrer	Fahrer	Fahrer	Fahrer	Fahrer	Fahrer	Fahrer	Fahrer	Fahrer	Fahrer	Fahrer	Fahrer
Straße	Straße	Straße	Straße	Straße	Straße	Straße	Straße	Straße	Straße	Straße	Straße

Obige Abbildung zeigt die simulierten bzw. real verbauten Komponenten je Prüfstandstyp. Gut validierte Prüflingsmodelle und saubere Modellschnittstellen ermöglichen realistische Tests des Gesamtsystems in allen Entwicklungsphasen und gewährleisten die Reproduzierbarkeit bzw. Vergleichbarkeit der Ergebnisse auf verschiedenen Prüfständen und über die Entwicklungsphasen hinweg. Einzelne Module können dabei schnell und flexibel ausgetauscht werden - egal ob real oder als Modell (XIL).

Teilmodelle nach Prüfstandstyp

	Komponente simuliert
	Komponente simuliert oder real vorhanden
	Komponente real vorhanden

### Zusammenfassung

Der Modellbaukasten in Verbindung mit dynamischen KS-R2R Prüfständen (Road to Rig) ermöglicht es, sämtliche Komponenten bereits in frühen Entwicklungsphasen vollkommen straßenrealistisch zu testen und in weiterer Folge im Gesamtverbund in Betrieb zu nehmen sowie abzusichern. Fahrten mit unausgereiften Steuergeräteständen und ohne bedingte Straßengegebenheiten sowie extremste Fahrmanöver sind am Prüfstand in einem gesicherten Umfeld möglich. Die vorgestellte Methodik erlaubt es, sämtliche Fahrzeugvarianten, Geländeprofile, Reibwerte, Fahrzustände, RDE-Strecken und Umgebungsbedingungen wie Temperatur, Feuchte, GPS-Position, etc. am Prüfstand realistisch zu simulieren.

Neben RDE-Messungen und diversen Applikationsaufgaben kann auch die Inbetriebnahme und Systemintegration von stark vernetzten Komponenten von den beteiligten Teams gemeinsam und effizient an einem Prüfstand durchgeführt werden. Durch die Einbindung von Sensormodellen in Kombination mit einer detaillierten Umgebungssimulation gewinnt der Gesamtfahrzeugprüfstand auch bei der Entwicklung von Fahrerassistenzsystemen zunehmend an Bedeutung. Modellbasiertes Testen ermöglicht signifikante Kosten- und Zeiteinsparungen bei der Entwicklung und Absicherung von elektrifizierten Fahrzeugen und Fahrerassistenzsystemen.

Kontakt



DI Stefan Pircher  
Bereichsleiter Prüfstandstechnik

Tel.: +43 316 5995-1176  
stefan.pircher@ksengineers.at