



Jaguar Land Rover implementiert  
die virtuelle Absicherung

# Virtuelle Revolution

Das Motto von Jaguar Land Rover verspricht Erfahrungen, die man ein Leben lang lieben wird. Um dies zu erreichen und dem Kunden fortwährend qualitativ hochwertige Produkte mit einer wachsenden Zahl innovativer Funktionen zu bieten, ist eine intelligente Absicherung der Software entscheidend. Daher setzt Jaguar Land Rover nun bereits in frühen Entwicklungsphasen auf die virtuelle Absicherung.



Heutige Fahrzeuge beinhalten immer mehr Technologien mit komplexen, interagierenden Software-Funktionen, zum Beispiel die autonomen Funktionen mancher Fahrerassistenzsysteme. Hierdurch wird die Einführung neuer, verbesserter Methoden notwendig, um die entsprechende Software zu entwickeln und zu testen. Dies erhöht nicht nur den Aufwand für die Tests, sondern macht es auch erforderlich, die neuen Funktionen so früh und so effizient wie möglich zu testen, damit Fehler nicht erst zu einem so späten Zeitpunkt entdeckt werden, dass ihre Behebung zu hohen Kosten führt. Durch den intelligenten Einsatz der Software-Absicherung spart Jaguar Land Rover nun sowohl Zeit als auch Kosten. Zudem erlaubt dieses Vorgehen auch mehr Iterationen für Entwicklung, Verifikation und Validierung. In der Folge führt dies zu einem hochwertigen Fahrerlebnis für den Kunden. Eine Einsatzmöglichkeit für die Software-Absicherung ist die Virtualisierung, also die virtuelle Verifikation und Validierung von Software, um Fehler früher zu finden und zu beheben und somit die Markteinführungszeiten zu verkürzen. Besonders vorteilhaft ist es, wenn Anwendungen in einer AUTOSAR-Software-Architektur mit virtuellen Steuergeräten (V-ECUs) entwickelt und getestet werden können und die funktionale Absicherung ohne real verfügbares Steuergerät möglich ist. Auf diese Weise kann Jaguar Land Rover Tests durchführen und Rückmeldung an den Zulieferer >>



geben, noch bevor dieser das Steuergerät fertiggestellt hat, da die Entwickler parallel testen können.

**Herausforderungen und Lösungen**

Zu den ersten Hürden bei der Implementierung der virtuellen Absicherung gehörten die Modifikation bestehender Software-Entwicklungsprozesse (Abbildung 1) und die Anpassung der Werkzeugkette, um die Entwicklung und den Test von V-ECUs zu ermöglichen. Hierzu wurde vorab ein Forum für einen abteilungsübergreifenden Austausch eingerichtet. Dazu gehörten die Abteilungen Software-Verifikation und -Validierung von AUTOSAR-Architektur sowie Hardware-in-the-Loop (HIL)-Test und weitere Systemgruppen. Diese Zusammenarbeit führte zu zwei flexiblen Ansätzen für die Integration der V-ECU-Entwicklung in bestehende Software-Entwicklungsprozesse: zum einen ein Bottom-up-Ansatz für bestehende

und bereits abgesicherte Software-Komponenten (SWCs), um diese schnell zu kombinieren und ein integriertes V-ECU aufzubauen. Zum anderen ein Top-down-Ansatz für V-ECUs, die für AUTOSAR oder aus anderen entwicklungsspezifischen Gründen überarbeitet werden müssen oder um V-ECUs bei der Entwicklung neuer Funktionen einzu-

Modelle in VEOS®, der Simulationsumgebung für den komfortablen V-ECU-Test. Darüber hinaus hat das Forum als weiteres Werkzeug für den Aufbau von V-ECUs den dSPACE Legacy Code Integrator evaluiert, der virtuelle Steuergeräte aus Legacy Source Code generiert. Abschließend haben die Ingenieure von dSPACE und Jaguar Land Rover die Werkzeug-

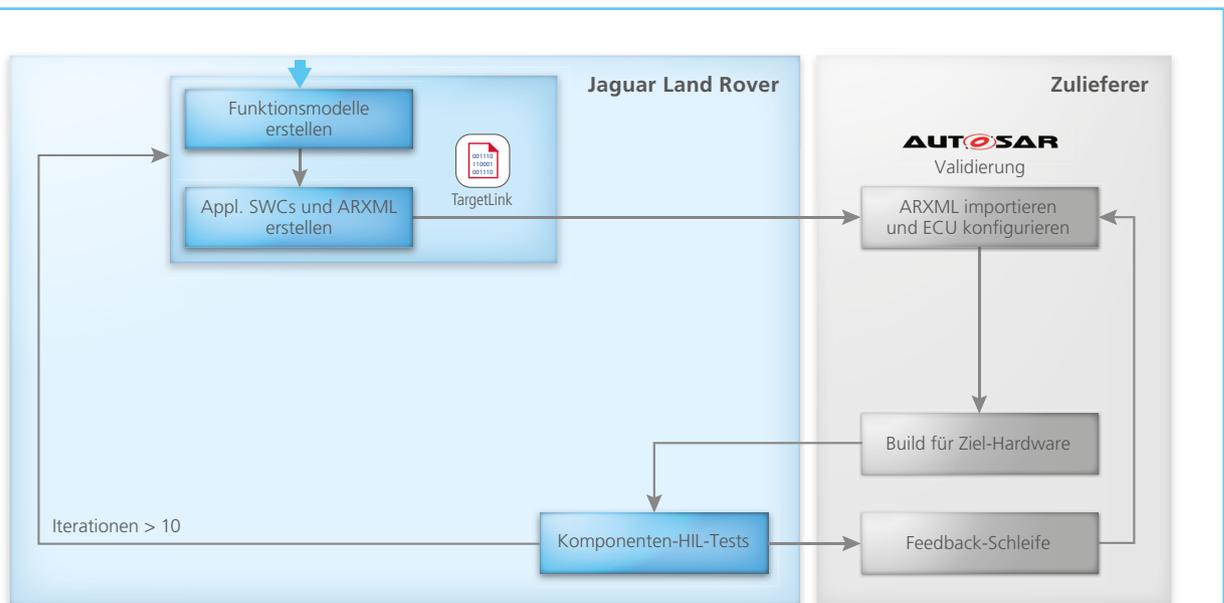
**„Die virtuelle Absicherung hat unseren Prozess revolutioniert.“**

*Will Suart, Jaguar Land Rover*

setzen. Beide Entwicklungsansätze nutzen dieselbe Werkzeugkette (Abbildung 2) und lassen sich somit an die Bedürfnisse des jeweiligen Entwicklungsprojekts anpassen. Zudem ist es möglich, die Entwicklung mit dem Bottom-up-Ansatz zu beginnen und mit dem Top-down-Ansatz zu beenden, wenn es die Zeit erlaubt. Das Forum beschäftigt sich außerdem mit dem Einsatz von Functional Mock-up Units (FMUs) für den Import bestehender Strecken- und Stimulus-

kette hinsichtlich ihres Automatisierungspotenzials überprüft, um die V-ECUs zu generieren und in die Testumgebung zu integrieren. dSPACE passte den Prozess mit Python-Skripten an und stellte eine einfache Lösung für die Erstellung von Streckenmodellen für V-ECUs und ControlDesk® bereit. Dank der ControlDesk-Streckenmodelle konnten die Ingenieure bei Jaguar Land Rover den exakt gleichen Testaufbau, der zuvor für HIL-Tests auf dem physikalischen Steuergerät implementiert war, für den Test von V-ECUs wiederverwenden.

Abbildung 1: Ursprünglicher Entwicklungsprozess bei Power Systems (PS), der mehrere kostenintensive Iterationen erforderte, bevor die ausgereifte Anwendung einsatzbereit war.



Appl. SWCs = Application Software Components ARXML = AUTOSAR XML-Datei

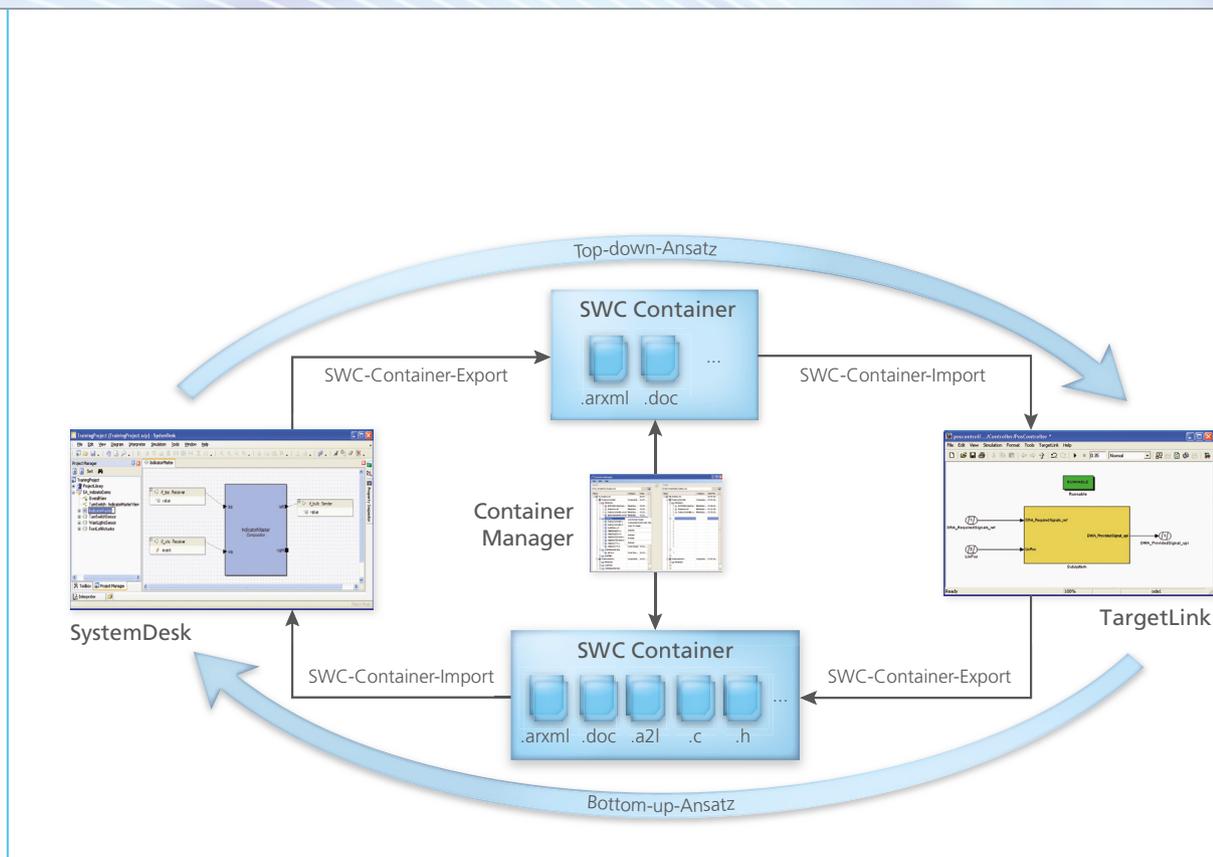


Abbildung 2: Der Bottom-up-Ansatz beginnt bei den in TargetLink modellierten Software-Komponenten, der Top-down-Ansatz mit der in SystemDesk vorab definierten Architektur.

### dSPACE Produkte

Um den V-ECU-Entwicklungs- und -testprozess effektiv zu implementieren, kamen folgende dSPACE Werkzeuge zum Einsatz:

1. TargetLink® ist ein in der Industrie etabliertes Werkzeug für die Generierung von Seriencode, das mit einem Data Dictionary ausgestattet ist. Er wurde von Jaguar Land Rover für die SWC-Entwicklung verwendet.
2. SystemDesk® wurde in die Werkzeugkette integriert und erwies sich als gutes Systemarchitekturwerkzeug. Es wird unter anderem für die Modellierung von AUTOSAR-Architekturen, zum Absichern der Einhaltung von AUTOSAR-Regelsätzen, für die SWC-Integration und die V-ECU-Generierung eingesetzt. SystemDesk war nicht nur ein neues Werkzeug für die Gruppe Power Systems, sondern brachte auch neue Aufgaben mit sich, die vorher von den Zulieferern erledigt wurden. Nach einer

steilen Lernkurve ist SystemDesk nun integraler Bestandteil beim Lösen dieser Aufgaben.

3. VEOS ist ein weiteres neues Werkzeug, das für die Simulation der V-ECUs zum Testen eingesetzt wurde. Die Flexibilität der Simulationsplattform spielt eine zentrale Rolle für mehr Qualität durch virtuelles Testen. Wesentliche Vorteile von VEOS liegen in der Integration von Drittanbietermodellen sowie in den zahlreichen Steuerungsfunktionen für die Simulation wie PAUSE, STEP und der Einstellung der Ausführungsschrittweite.
4. ControlDesk wurde von den HIL-Ingenieuren schon in der Vergangenheit als Experimentier-Software eingesetzt. Die Möglichkeit, beim Testen und Experimentieren mit V-ECUs und realen ECUs dasselbe Werkzeug zu nutzen, war ein unschätzbare Vorteil.

Zusammen mit den Werkzeugen, die bei Jaguar Land Rover bereits für die AUTOSAR-Software-Entwicklung und

die virtuellen und HIL-Tests im Einsatz waren, spielten die dSPACE Produkte eine entscheidende Rolle bei der Implementierung des virtuellen Absicherungsprozesses.

### Vorteile der virtuellen Absicherung

Die virtuelle Absicherung mit V-ECUs ermöglicht es, Tests in frühe Phasen des Entwicklungsprozesses vorzulagern, so dass Komponententests bereits auf der linken Seite des V-Modells stattfinden können (Abbildung 3). Zudem verbessert sie die Gesamtqualität, was das Vertrauen in die entwickelte Software deutlich erhöht. In Bezug auf die AUTOSAR-Komponentenentwicklung war der neue Absicherungsprozess besonders hilfreich bei der Einrichtung schnellerer Round-Trips vom Modell auf die Komponententestplattform. Durch den Einsatz des Entwicklungs- und Testprozesses für die V-ECU konnte die Gruppe Power Systems die Verifikations- und Validierungszeit um 12 Wochen verkürzen (Abbildung 4). Aus dem virtuellen Absicherungs-

>>

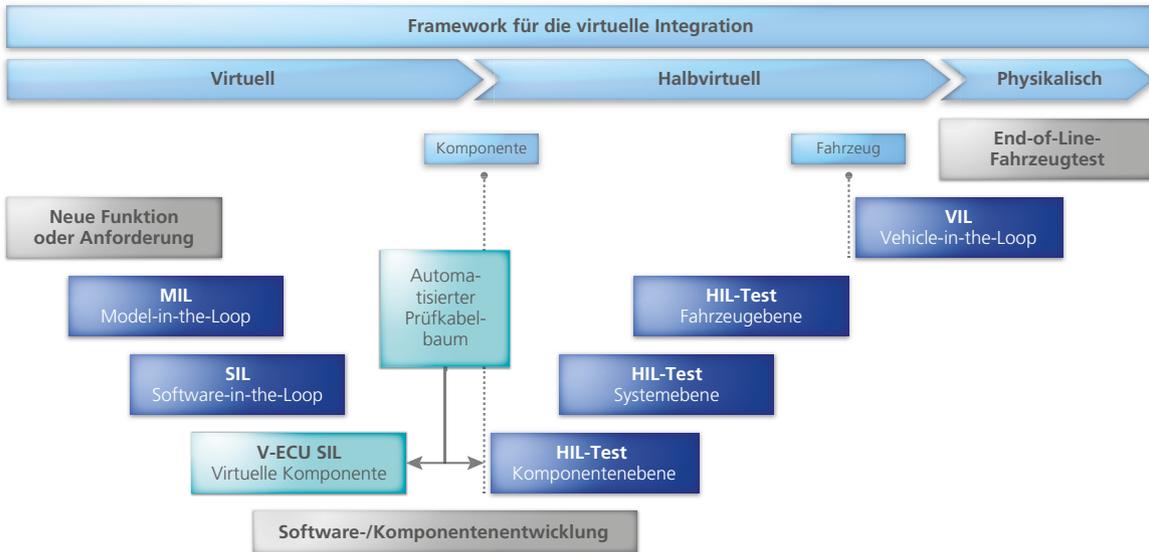


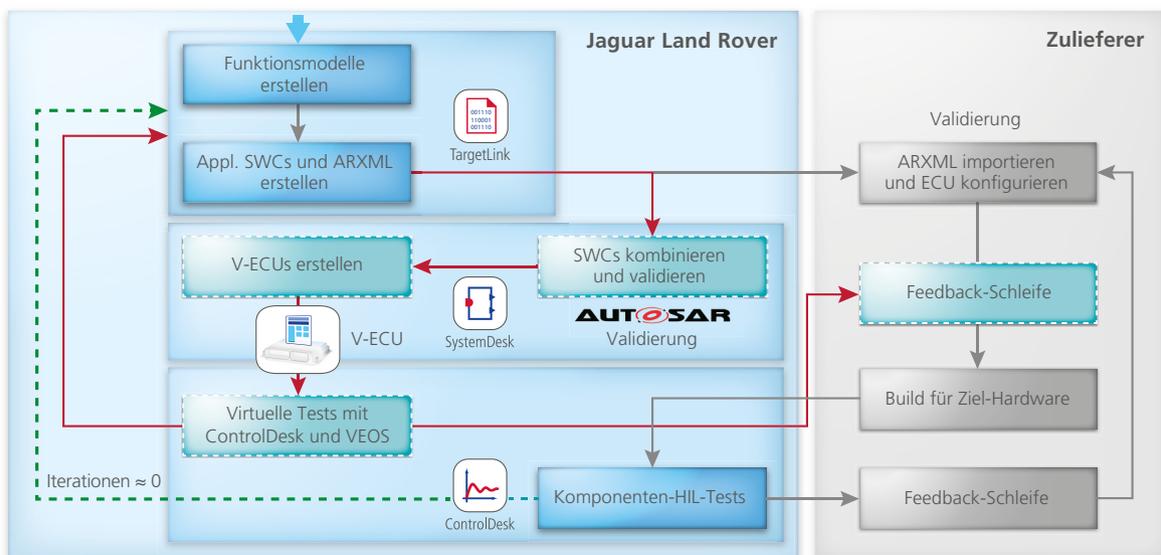
Abbildung 3: Durch die virtuelle Absicherung mit V-ECUs können die Komponententests auf die linke Seite des V-Modells verlagert werden.

prozess ergaben sich weitere Vorteile, unter anderem bessere Optionen für die Fehlererkennung. Kommt diese in frühen Tests zum Einsatz, lassen sich umfassendere HIL-Tests und eine robustere Steuergeräte-Integration durchführen. Durch die Fülle von

Möglichkeiten, die sich durch frühzeitige virtuelle Tests ergaben, hat Jaguar Land Rover viel Zeit gewonnen, die dann in robuste HIL-Tests auf Komponenten- und Systemebene investiert wurde. Das Ergebnis sind eine höhere Gesamtqualität und

kürzere Markteinführungszeiten. Der neue Prozess rund um die virtuelle Absicherung erhöhte zudem die Entwicklungseffizienz, und das nicht nur intern, sondern auch bei der Zusammenarbeit mit externen Komponentenzulieferern.

Abbildung 4: Modifizierter virtueller Absicherungsprozess (türkise Kästchen und rote Linien), der die Testmöglichkeiten bei Jaguar Land Rover deutlich verbesserte. Die Änderungen erhöhten das Vertrauen in die Korrektheit der Anwendung vor Übergabe an den Zulieferer und zogen neue Iterationen nach sich, bis das Produkt einsatzfertig war.



Appl. SWCs = Application Software Components ARXML = AUTOSAR XML-Datei

„dSPACE Produkte spielten eine entscheidende Rolle bei der Implementierung unseres virtuellen Absicherungsprozesses.“

*Leonardo Poeti, Jaguar Land Rover*

### Fazit und Ausblick

Durch die virtuelle Absicherung konnte Jaguar Land Rover wichtige Einblicke gewinnen, wie der Entwicklungsprozess modifiziert werden musste. Auch zeigte sich die Flexibilität der Werkzeugkette und des Prozesses, die an bestehende Prozesse bei Jaguar Land Rover und seine Zulieferer angepasst werden mussten. Insgesamt liegen die Vorteile der virtuellen Absicherung und eines formalisierten konsistenten Ansatzes für die AUTOSAR-Software-Entwicklung bei Jaguar Land Rover auf der Hand. Daher sollen die Möglichkeiten weiter ausgebaut werden:

1. Erweitern der Testmöglichkeiten durch V-ECUs auf SCALEXIO® HIL-Prüfständen und MicroAutoBox® II

2. Aufbauen eines V-ECU-Netzwerks bis zur Darstellung des gesamten Fahrzeugs, um das komplette System auf Fahrzeugebene virtuell abzusichern
3. Integrieren mehrerer V-ECUs und realer Steuergeräte in eine HIL-Simulationsumgebung
4. Durchgängiges Migrieren von virtuellen zu realen Steuergeräten in einer Validierungs- und Verifikationsumgebung
5. Wiederverwenden bestehender Systemarchitekturen für die V-ECU-Generierung beim Hinzufügen neuer Funktionen in ein bestehendes Steuergerät ■

*Will Suart, Leonardo Poeti, Karthik Ponudurai, Renjith George, Jaguar Land Rover*

### Will Suart

*Will Suart leitet die Gruppe Model Based Design & Software V&V bei Jaguar Land Rover, Großbritannien.*



### Leonardo Poeti

*Leonardo Poeti ist Lead Virtual Validation Capability Engineer in der Gruppe Systems and Software bei Jaguar Land Rover, Großbritannien.*



### Karthik Ponudurai

*Karthik Ponudurai ist Lead Software Engineer in der Gruppe Power Systems bei Jaguar Land Rover, Großbritannien.*



### Renjith George

*Renjith George ist Ingenieur für Software-Architektur in der Gruppe Systems and Software bei Jaguar Land Rover, Großbritannien.*



## Warum virtuell absichern?

- Der neue Prozess zur virtuellen Absicherung ermöglicht schnellere Round-Trips. So konnte die Gruppe Power Systems 12 Wochen an Verifikations- und Absicherungszeit einsparen.
- Durch V-ECUs wird es möglich, die Komponententests auf die linke Seite des V-Modells in eine frühe Phase des Produktentwicklungszyklus bei Jaguar Land Rover vorzuerlagern. Das erhöhte deutlich die Qualität und das Vertrauen in die entwickelte Software.
- dSPACE passte den Prozess durch Python-Skripte an und stellte eine einfache Lösung für die Erstellung von V-ECUs bereit.
- Jaguar Land Rover konnte den Testaufbau für die V-ECU-Tests wiederverwenden, die zuvor für die HIL-Tests auf einem physikalischen Steuergerät implementiert waren.
- Die Anzahl kostenintensiver Iterationen sank von über 10 auf fast 0.
- Bis zu 80 % der Steuergeräte-Tests wurden mit V-ECUs durchgeführt.