



Antriebsstrang
und Testsystem
im Eingriff.

Model-Based Systems Engineering für Testsysteme

Mit dem Einzug von modellbasierten Methoden in die Antriebsstrangentwicklung ergeben sich neue Wege für die Testsystementwicklung. Bereits in der frühen Entwicklungsphase stellt die erforderliche Funktionalität des Antriebsstrangs eine direkte Abhängigkeit zu dessen späterer Erprobung dar. Bei AVL List wird derzeit mit der Unterstützung des Virtual Vehicle eine integrierte, modellbasierte Herangehensweise erarbeitet.

Moderne Fahrzeuge stellen hochkomplexe mechatronische Systeme dar, die im Hinblick auf Leistung, Komfort, Herstellbarkeit, Zuverlässigkeit, sowie Energieeffizienz und Recyclingfähigkeit unter Einbindung neuer Technologien in einer zunehmend komplexeren Umgebung zu optimieren sind. Die Erarbeitung der optimalen Gesamtlösung erfordert eine disziplinübergreifende Zusammenarbeit.

Zu diesem Zweck führt AVL List (AVL) Model-Based Systems Engineering (MBSE) mithilfe der Systems Modeling Language (SysML) als zugrundeliegende Systembeschreibungssprache mit den entsprechenden IT-Werkzeugen ein. MBSE findet bei der AVL sowohl für die Entwicklung hybrider Antriebsstränge im Geschäftsfeld Powertrain Engineering (PTE) als auch zunehmend in der Entwicklung von Testsystemen

im Geschäftsfeld Instrumentation & Test Systems (ITS) Anwendung.

Model-Based Development

Model-Based Development (MBD) ist als Schlagwort im Umfeld der mechatronischen Produktentwicklung allgegenwärtig. Das Verständnis von MBD ist jedoch je nach Branche bzw.

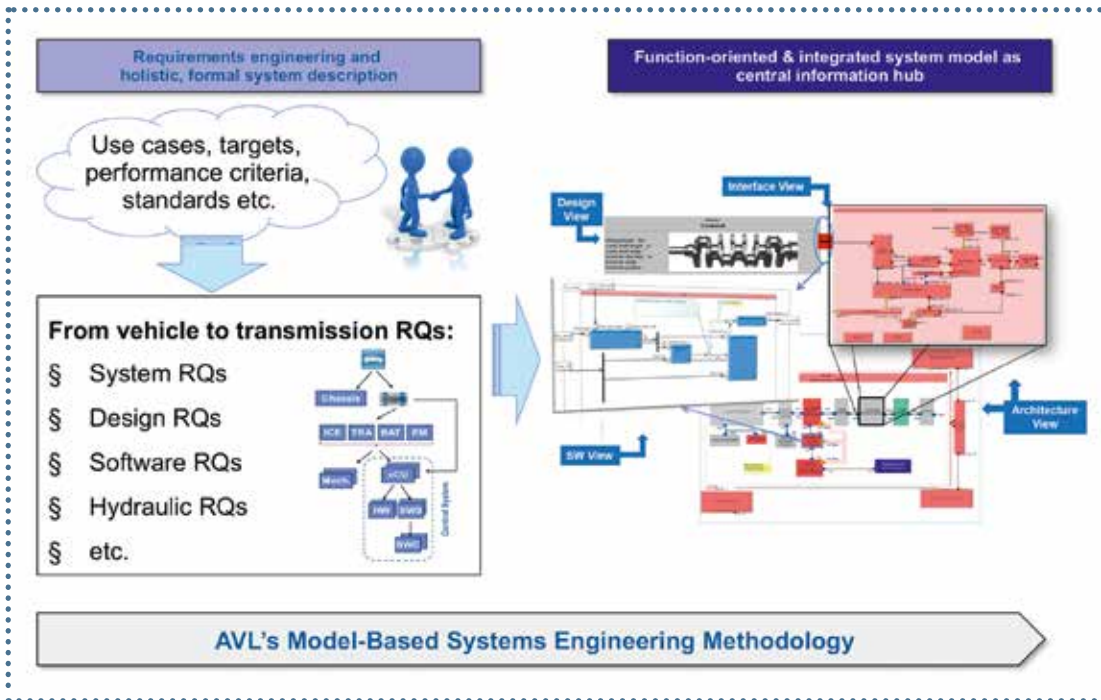


Bild 1: Modellbasierte Systems Engineering Methodik für Antriebsstrangsysteme.

Unternehmen durchaus unterschiedlich. In der AVL wird unter MBD das Generieren von Regelungs- und Prüfsoftware mit Programmiersprachen wie Matlab Simulink und Code-generierenden Techniken verstanden. Ein weiteres Beispiel ist die Verwendung von Modellen für die Entwicklung von Funktionen und Algorithmen und deren Kalibration und Verifikation in X-in-the-Loop-Umgebungen (XiL). Im Gegensatz dazu wird MBSE verwendet, um beschreibende Systemmodelle zu erstellen und Ziele, Anwendungsfälle, Schnittstellen und Spezifikationen für das Gesamtsystem in Verbindung zu setzen.

Synergien zwischen Antriebstrang und Antriebstrang-Testsystemen

Den Ausgangspunkt jeglicher Entwicklung stellen die zugrundeliegenden Kundenbedürfnisse dar. Diese Kundenbedürfnisse werden mit MBSE initial in Form von Zielen, Anforderungen und Anwendungsfällen festgehalten und in Folge detailliert und heruntergebrochen. Ziel ist es, eine oder mehrere Varianten für Komponenten, Funktionen oder ganze Systemtopologien zu entwickeln, sie im Anschluss zu bewerten und das optimale Lösungskonzept weiter auszuarbeiten.

Eingangsgrößen für die Antriebsstrangentwicklung sind u. a. Verbrauch, Emissionen, Kosten, Safety, Performance, Driveability und Time-to-Market. Diese Eingangsgrößen stellen produktdefinierende Funktionalitäten bzw. Eigenschaften dar. Gleichmaßen stehen bei der Testsystementwicklung die Anwendungsfälle und die realisierten Funktionen des Produktes im Vordergrund, z. B. Emissions-Zertifizierung und Real-Life-Verbrauch. Die Entwicklungsprozesse beider AVL-Geschäftsfelder sind ähnlich gelagert, das Endergebnis ist jedoch unterschiedlich.

Das Endergebnis in PTE ist der für den Kunden entwickelte Antriebsstrang inkl. seiner bestimmenden Elemente Verbrennungskraftmaschine, Getriebe, elektrischer Antrieb, HV-Batterie und Regelungssoftware. Zur Absicherung der Entwicklungsergebnisse werden bereits ab der frühen Phase Testfälle für jede Antriebsstrangfunktion, -komponente und -eigenschaft definiert. Die Testfälle der Antriebsstrangentwicklung repräsentieren potenzielle Anwendungsfälle für die Testsystementwicklung.

Abhängig vom Produktreifeegrad und von der Prüfstandsapplikation des Kunden erfolgt die Verifikation der Testfälle in unterschiedlichen Testumgebungen (Simulation, XiL, Komponenten-, Antriebsstrang- und Rollenprüfstand, Streckenfahrversuch, etc.), die sich entlang

des Kundenentwicklungsprozesses im Einsatz befinden. Jeder Anwendungsfall des Kunden, z. B. Fahrmanöver oder Emissions-Zertifizierung, und unterstützende Funktionen wie Messdatenhandlung müssen für die Testsystementwicklung in einzelne zu realisierende Prüfstandsfunktionen mit den entsprechenden Anforderungen und zugewiesenen physikalischen und virtuellen Prüfstandskomponenten heruntergebrochen werden.

Netzgeräte/Lasten, Test- und Prüfgeräte



- **DC-Netzgeräte**
Programmierbar; 0 bis 1.200 V/3.000 A
- **AC- und DC-Lasten**
Modular/ausbaubar; 60 W bis 100 kW
- **AC/DC-Quellen**
1- oder 3-phasig; 300 Vac/ph

Sprechen Sie uns an:
Tel.: (+49) 08374 / 23 26 00
www.pce-powercontrol.de



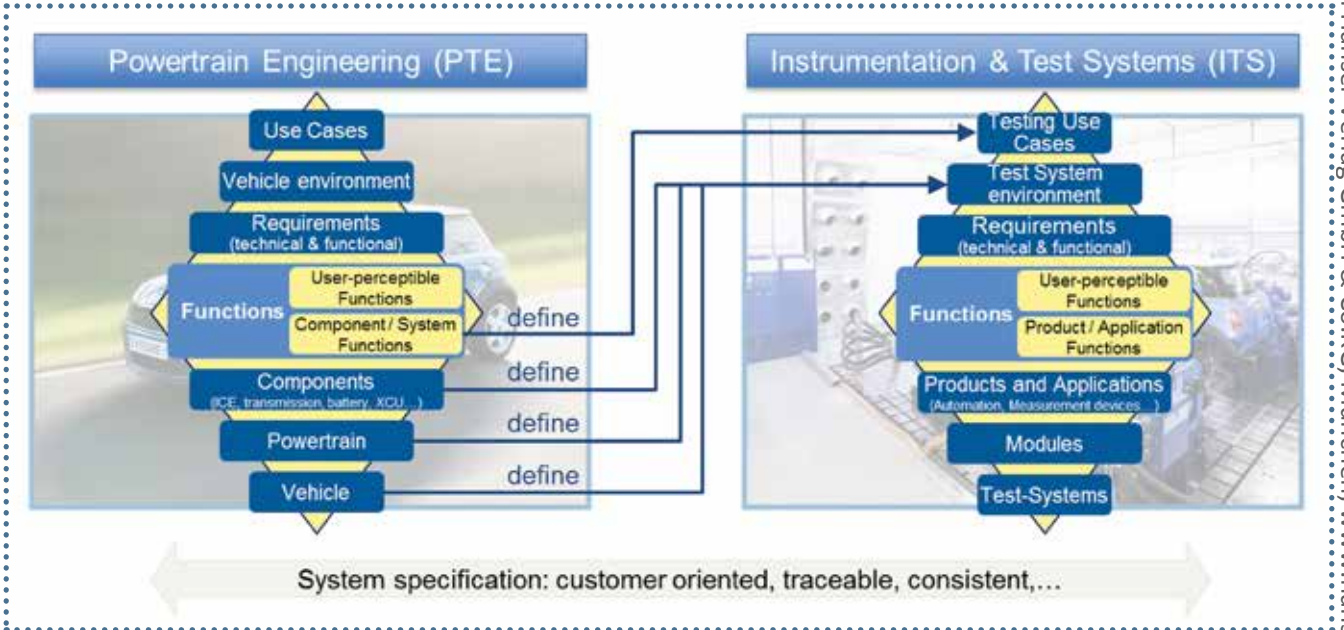


Bild 2: Zusammenhang zwischen Antriebsstrang- und Testsystem-Entwicklung.

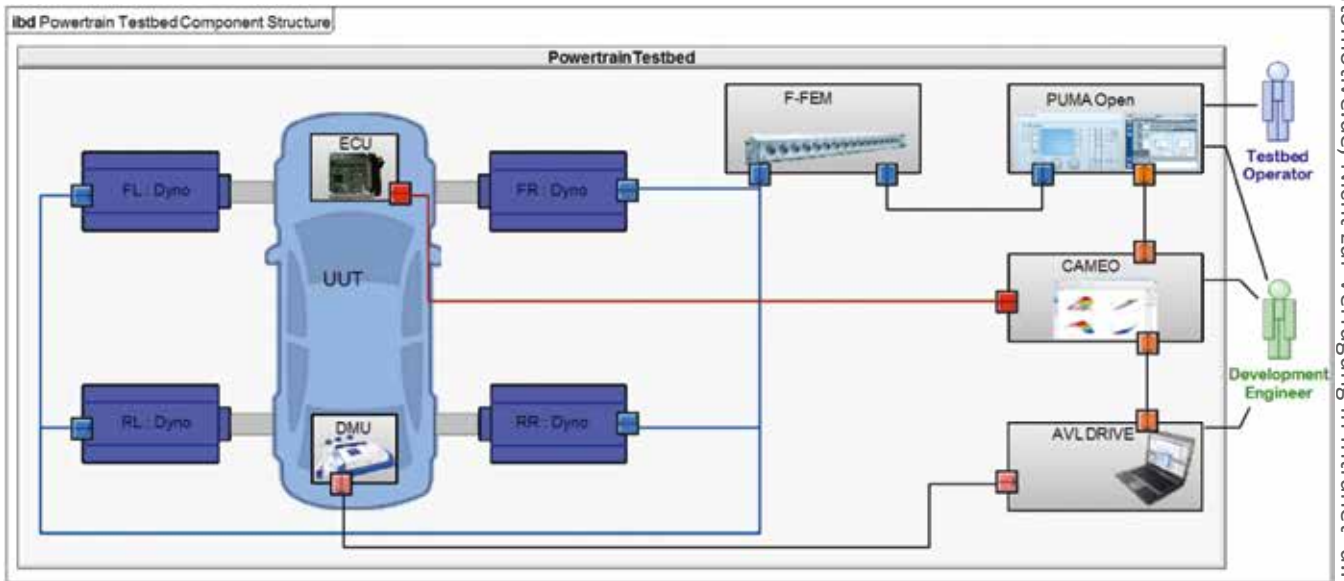


Bild 3: SysML-Strukturdiagramm eines Antriebsstrangprüfstands.

Anwendung

Bei der Antriebsstrangentwicklung werden zuerst sämtliche Anforderungen erfasst und Schritt für Schritt auf Anforderungen an das Gesamtsystem, an Subsysteme (Kühlsystem, hydraulisches System, etc.) sowie Komponenten und Regelungssystem bis hin zur Software heruntergebrochen. Parallel dazu entsteht das Systemmodell in SysML. Darin werden Anwendungsfälle (z.B. Fahrmanöver), Fahrzeugziele/-anforderungen (z.B. Verbrauch, Emissionen) sowie die Antriebsstrangarchitektur aus Struktur-, Verhaltens- und Funktions-

sicht zusammengeführt (Bild 1). Dies stellt die Basis für die Erstellung und Ableitung verschiedener Sichten in Form von Diagrammen und Abhängigkeitsmatrizen dar. Aus dem Systemmodell wird in Folge die technische Dokumentation abgeleitet und automatisiert generiert (z.B. Architektur, Design, Schnittstellen, Software) und die frühzeitige Verifikation und Validierung des Antriebsstrangs ausgelöst.

Jede definierte Anforderung wird mit den realisierenden Komponenten oder Funktionen und den Testfällen in Zusammenhang gebracht. Metriken zur Modellanalyse wie z.B. die Testfallüber-

deckung von Anforderungen geben Aufschluss über den Entwicklungsreifeegrad des Antriebsstrangs. Die Anwendung dieser Methodik liefert die Nachvollziehbarkeit von Anforderungen in direkt auswertbarer Form, wie sie beispielsweise von Normen wie ISO 26262 gefordert wird.

Die Entwicklung des Testsystems beruht auf der gleichen Methodik. Der Unterschied liegt in den Eingangsgrößen und im Ergebnis. Die treibenden Größen sind hier die Prüfstandsapplikationen, die Entwicklungsziele und der Testprozess des Kunden (Bild 2). Indem die Testfallspezifikation für Antriebssysteme zur



Entwicklung der entsprechenden Testsysteme in konsistenter Form herangezogen werden kann, ergeben sich Synergien über die beiden AVL-Geschäftsfelder: Die Schnittstellen zwischen dem Antriebssystem und dem Testsystem können auf diese Weise bereichsübergreifend beschrieben werden (Bild 3).

Auswirkungen und Ausblick

Die Entwickler waren beim klassischen Entwicklungsansatz mit einer Fülle von Dokumenten, Präsentationen, Tabellen, schematischen Abbildungen etc. konfrontiert, die es ihnen erschwerten, den Überblick und die Konsistenz der Information über die Dokumente hinweg zu wahren. Durch MBSE wird das Systemmodell zum zentralen Informationsträger in der Entwicklung und kann als Ausgangspunkt für Simulationenaufgaben und Analysen herangezogen werden. Es dient bereits in den frühen

Entwicklungsphasen als Kommunikations- und Kollaborationsbasis für die beteiligten Engineering-Teams.

Bis dato wurden über 150 AVL-Mitarbeiter in den beiden Geschäftsfeldern PTE und ITS in der Anwendung der vorgestellten Methodik geschult. Die Vorteile der Vorgehensweise konnten insbesondere im Einsatz bei Antriebsstrang- und Testsystemprojekten mit hohem Innovationsgrad dargelegt werden. Die Verankerung der MBSE-Methodik gilt es in Abstimmung mit der Weiterentwicklung der Entwicklungsprozesse, der Entwicklungsorganisation und Entwicklungsumgebung voranzutreiben. Erst durch deren Verschränkung lassen sich die Nutzenpotenziale in der Organisation realisieren. Die Methodik auf Industrieniveau unternehmensweit auszurollen ist in diesem Zusammenhang das erklärte Ziel von AVL und Virtual Vehicle. ■ (oe)

» www.avl.com

» www.v2c2.at



Johannes Fritz ist Lead Researcher mit Fokus auf Model-Based Systems Engineering bei Virtual Vehicle.



Andrea Denger ist Gruppenleiterin für Cross-Enterprise Processes & Methods bei Virtual Vehicle.



Julia Weber ist als Hybrid-Entwicklungsingenieurin und Modellierungs-Expertin bei der AVL List GmbH beschäftigt.



Dr.-Ing. Christian Zingel ist als Systems Engineering Specialist bei der AVL List GmbH beschäftigt.



Dirk Denger ist Head of Synergetic Methods and Tool Development bei der AVL List GmbH und verantwortet dort das Programm Systems Engineering @AVL (SE@AVL).



Hören. Sehen. Fühlen.

Erleben.

Begegnen Sie dem kleinen Abenteuer.

