

Das Beste aus beiden Welten:

Produktstruktur und funktionale Abbildung

Josef Zehetner, Katrin Moser, AVL

Die Automobilindustrie steht derzeit vor zwei übergreifenden Herausforderungen: steigende Komplexität und der Bedarf an Geschwindigkeit in Bezug auf die Markteinführungszeit. Darüber hinaus sehen wir eine stärkere Verlagerung in Richtung Software und eine Entkopplung bei der Entwicklung von Hardware und Software. Die Komplexität der Software wird zunehmen, da Fahrzeugfunktionen und -eigenschaften immer mehr durch Software bestimmt werden. Die Vision, die zur Bewältigung dieser Herausforderungen erforderlich ist, muss sich darauf konzentrieren, vorhandene Daten und Fachkenntnisse zu nutzen, die Effizienz zu steigern und insgesamt eine agilere Entwicklung zu ermöglichen. Dies gilt nicht nur für OEMs und Automobilzulieferer, sondern lässt sich auch auf viele andere Branchen und produktorientierte Unternehmen übertragen. Eine Frage ist jedoch noch nicht beantwortet: Wie schaffen wir einen durchgängigen Austausch zwischen produktstrukturgetriebenen Systemen (z.B. BOM, PDM, etc.) und einer funktionalen Abbildung (Bild 1).

Physische Prototypen sind teuer, stehen erst sehr spät im Entwicklungsprozess zur Verfügung und sind darüber hinaus eine knappe Ressource. Außerdem müssen sich verschiedene Abteilungen auf Simulation und Tests verlassen, um ihre Entwicklung, Verifizierung oder Validierung durchzuführen, aber die daraus resultierenden Informationen werden oft nur informell über E-Mails oder andere Dokumente ausgetauscht. Dies führt zu einem Mangel an Klarheit, Konsistenz und Nachvollziehbarkeit der Daten sowie zu langen Antwortzeiten. Hinzu kommt, dass jede Abteilung das für ihre Entwicklungsaufgabe(n) am besten geeignete Werkzeug einsetzen möchte,

was insgesamt zu einer heterogenen Werkzeug- und Systemlandschaft führt.

Die Herausforderung der Interoperabilität ist weder trivial noch lässt sie sich ohne weiteres mit einem einzigen Werkzeug lösen. Wie können wir also die konsistente und gemeinsame Nutzung der gesammelten Daten und die Wiederverwendung der relevanten Informationsobjekte, z. B. Modelle, Parameter, Ergebnisdaten oder Expertise, ermöglichen? Die Umsetzung in der Praxis erfordert die Integration von Grundprinzipien, neutralen Konnektoren, verbindenden Lösungen und wird auch organisatorische Veränderungen nach sich ziehen,

z.B. neue Rollen oder Abteilungen für die kontinuierliche Verifikation und Validierung (V&V). Dies kann sich in einer zentralen Methodikabteilung mit Modellmanagern, Parametermanagern oder Verantwortlichen für virtuelle Prototypen widerspiegeln. Das Ziel ist ein homogener Workflow, bei dem virtuelle und physische Komponenten nahtlos austauschbar sind.

In diesem Zusammenhang wenden wir eine Reihe von Prinzipien an, um unsere Vision einer kontinuierlichen V&V für ein in der Entwicklung befindliches Produkt zum Leben zu erwecken: Requirements Engineering und Management, Systems Engineering, modellbasiertes Systems

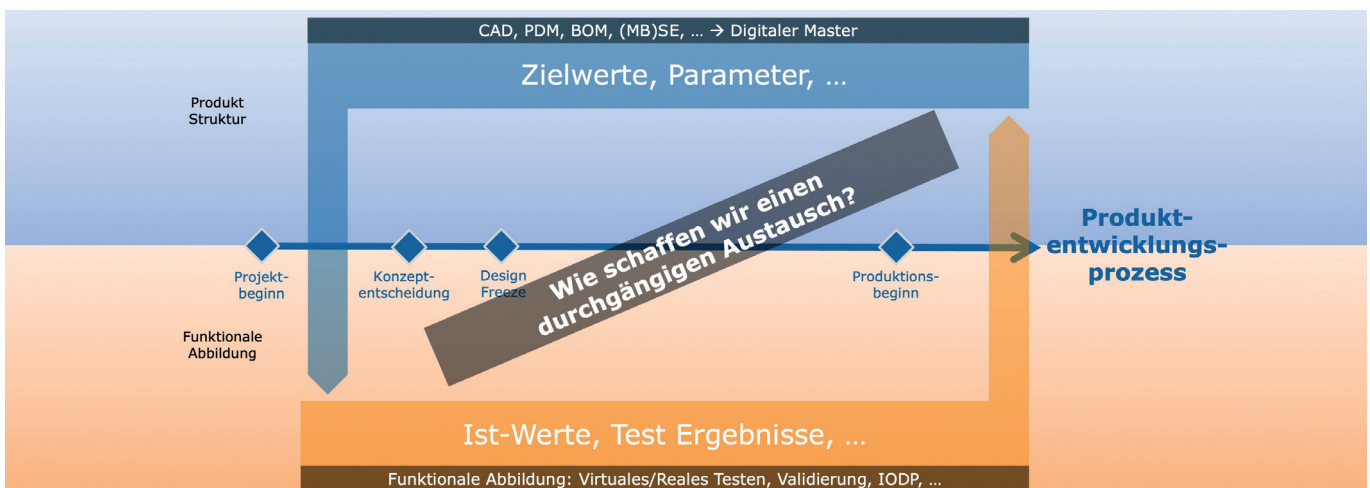


Bild 1: Zwei Welten: Produktstruktur und funktionale Abbildung

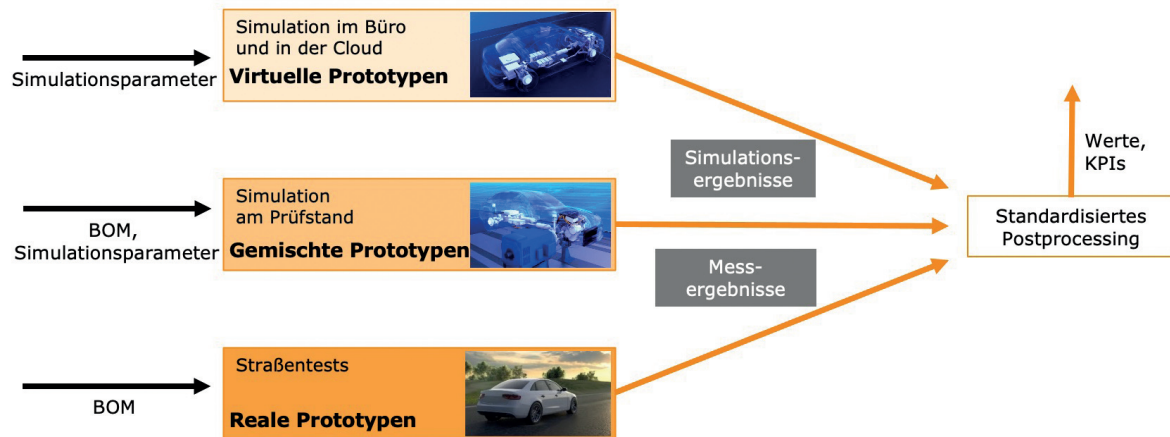


Bild 2: Testen mit virtuellen, gemischten und realen Prototypen

Engineering und Product-Lifecycle-Management. Zusätzlich bringt eine integrierte und offene Entwicklungsplattform (IODP) Simulation und Test zusammen und ermöglicht eine kontinuierliche Validierung. Viele Interoperabilitätsprobleme wurden durch die Verknüpfung von Simulationsmodellen untereinander sowie durch die Verknüpfung von Simulation und Prüfständen gelöst, aber nicht alle. Eine Herausforderung hat uns in den letzten Jahren sehr beschäftigt: Wie bekommt man die richtigen Daten zur richtigen Zeit an den richtigen Ort?

Unsere Vision der kontinuierlichen V&V erfordert Prototypen in allen Phasen des Entwicklungsprozesses; daher setzen wir virtuelle, gemischte oder reale Prototypen (Bild 2) ein. Virtuelle und gemischte Prototypen sind jedoch oft domänenspezifisch und nicht so vollständig wie reale Prototypen. Dies schränkt die Wiederverwendbarkeit solcher Prototypen massiv ein.

Ein Datenmodell zur Bewältigung der Interoperabilitäts-Herausforderung!

Bevor wir tiefer einsteigen, wollen wir den „funktionalen Prototyp“ definieren. Das funktionale Prototypenmanagement von AVL ermöglicht eine kontinuierliche V&V auf Produkt-, Subsystem- und Komponentenebene während des gesamten Entwicklungsprozesses. Ein funktionaler Prototyp (FPT) ist die funktionale Darstellung des Produkt-Zustands. Mit Blick auf heterogene virtuelle und gemischte Prototypen hat ein FPT einen Fokus auf bestimmte Entwicklungsaktivitäten, d.h. ein Produkt kann durch eine Gruppe von

FPTs repräsentiert werden. Ein FPT ist während des gesamten Entwicklungsprozesses gültig (einschließlich der In-Use-Phase).

Anforderungen und Entwicklungsaktivitäten

Ein neues Produkt wird typischerweise in einem Entwicklungsprojekt entwickelt, z.B. wenn ein Automobilhersteller ein neues Auto entwickelt - vom Beginn des Designs bis zum Start der Produktion (SOP), und heutzutage sogar noch weiter in der In-Use-Phase des Kunden. Ein Kunde kauft eine bestimmte Fahrzeugvariante, die z.B. in seinem lokalen Markt verfügbar ist. Zu Beginn des Entwicklungsprozesses wird ein (großes) Bündel von Anforderungen - wie z.B. Kraftstoffverbrauch, Leistungsziele, Fahrverhalten oder ADAS-Funktionalität - definiert. Jede Variante wird mit entsprechenden Zielwerten (z.B. elektrische Reichweite 60 km) beschrieben, standardisierte Testverfahren (z.B. „unter Standardbedingungen“) werden festgelegt.

Der funktionale Prototyp

Während des gesamten Projekts wollen wir das Risiko bewerten, ob alle Zielwerte bei SOP erreicht werden oder nicht. Mit Blick auf die Reichweite eines Elektrofahrzeugs müssen wir den tatsächlich erreichbaren Wert für die Reichweite mit dem ursprünglich definierten Zielwert vergleichen. Dazu führen wir einen Test mit einem Prototypen durch - virtuell, gemischt oder real. Ein sogenannter „Reifegrad“ gibt den Unterschied zwischen Erfahrungswerten (zu Beginn eines Projekts) oder Simulationen in unterschiedlicher Komplexität (während

des gesamten Prozesses) versus Vorserienfahrzeugen (sehr spät) an. In diesem Sinne zeigt ein niedriger Reifegrad ein hohes Risiko an, dass wir den Zielwert nicht erreichen, während ein hoher Reifegrad eine hohe Sicherheit anzeigt, dass der Zielwert erreicht wird.

Lassen Sie uns nun einen Blick auf das große Ganze werfen:

Wäre es nicht großartig, alle V&V-Informationen (Ist- und Kennwerte, Reifegrade, über die Zeit/den Entwicklungsprozess hinweg) strukturiert für alle unsere Anforderungen zu erhalten - und für alle Varianten?

Das Konzept des Functional Prototype Management bietet hierfür die Lösung. Es holt sich die Sollwerte aus den Anforderungen und meldet den aktuellen Stand der Anforderungserfüllung zurück, inklusive Informationen zum Reifegrad. Auf diese Weise wissen wir zu jedem Zeitpunkt im Projekt, ob ein Ziel erreicht wurde oder nicht und wie hoch das Risiko ist, es zum SOP nicht zu erreichen.

Aus praktischer Sicht definiert unser Konzept eine Reihe von funktionalen Prototypen, die die typischen Entwicklungsaktivitäten widerspiegeln, wie z.B. Leistung & Verbrauch, Fahrbarkeit oder ADAS.

Klingt nach einem guten Konzept, aber wie sieht das in der Praxis aus?

Wie können wir nun unser Produkt kontinuierlich testen, wenn hardwarebasierte Prototypen erst in späteren Phasen des Entwicklungsprozesses zur Verfügung stehen (Bild 2)?

Im Allgemeinen gibt es drei Möglichkeiten, ein Produkt zu testen (Bild 2):

- Virtuelle Prototypen
- Gemischte Prototypen (virtuell und real)
- Reale Prototypen

Beginnen wir mit dem realen Prototyp. Die meisten von uns sind mit dieser Art des Testens gut vertraut. Das Testen mit einem realen Prototyp erfordert, dass wir ihn zunächst bauen - basierend auf der Stückliste (BOM). Aus dem Straßentest leiten wir Messdaten ab, für die wir dann ein standardisiertes Postprocessing anwenden. So erhalten wir unsere Ist-Werte für einen funktionalen Prototypen (Bild 3). Das Testen mit einem realen Prototyp ist ein bekannter und etablierter Prozess, aber reale Prototypen können erst sehr spät im Entwicklungsprozess getestet werden.

Mit der Simulation im Büro und in der Cloud können wir vollständig virtuelle Prototypen erstellen. Ein solcher virtueller Prototyp besteht typischerweise aus Simulationsmodellen und Co-Simulationsarchitekturen. Modelle und Architekturen bieten die Möglichkeit der Wiederverwendbarkeit - in verschiedenen Projekten oder verschiedenen Phasen des Prozesses. Und wenn dies der Fall ist, müssen wir über die Parametrisierung der Modelle nachdenken, d.h. eine Verbindung zwischen den Parametern und der aktuellen Version des Produktdesigns herstellen, damit die Modelle zu einem virtuellen Prototyp für unser Produkt werden. Modelle, Architektur und Parameter müssen verwaltet werden, um

die Rückverfolgbarkeit zu gewährleisten. Sobald wir die Modelle, Parameter und virtuellen Prototypen vorliegen haben, führen wir den definierten Test durch, um die Simulationsergebnisse zu erhalten. Durch ein (standardisiertes) Postprocessing erhalten wir wieder unsere Ist-Werte für den funktionalen Prototyp (Bild 3). In diesem Fall erhalten wir sie natürlich viel früher im Entwicklungsprozess.

Und in der Realität gibt es keine Lücke zwischen virtuellen und realen Prototypen. Einzelne Komponenten sind bereits vorhanden, bevor der erste reale Prototyp gebaut wird. Diese Komponenten können wir mit Simulation zu sogenannten gemischten Prototypen erweitern. Ein gemischter Prototyp - teils virtuell, teils real - verwendet also Hardwarekomponenten auf Prüfständen, die mit Simulation erweitert werden. Dabei können wir Simulationsparameter, Modelle und virtuelle Prototypen aus früheren Entwicklungsphasen wiederverwenden. Nach dem Test wenden wir wiederum ein standardisiertes Postprocessing auf die Messdaten an und melden die Ist-Werte an den funktionalen Prototyp zurück (Bild 3).

Indem wir alle drei Arten von Prototypen auf diese Weise verwenden, erhalten wir nachvollziehbare und strukturierte Daten. Das Functional Prototype Management ermöglicht die Wiederverwendung von Modellen, Parametern und virtuellen Prototypen. In diesem Zusammenhang unterstützt es den Designvalidierungs-

plan (DVP), indem es die Wiederverwendbarkeit über Entwicklungsprojekte hinweg fördert und eine konkretere Planung ermöglicht (d.h. was kann wiederverwendet werden versus was muss für die anstehenden Tests neu erstellt werden?)

Etablierung des Digital Thread und Startschuss für datengetriebenes Engineering

Durch die Definition und Anwendung von standardisierten Tests und Postprocessing erzeugen wir vergleichbare Ergebnisse (d.h. Ist-Werte und entsprechende Reifegrade) über den gesamten Entwicklungsprozess. Der resultierende funktionale Prototyp zeigt den Entwicklungsfortschritt unabhängig von den Entwicklungsumgebungen. Anhand der durchgeführten Tests lässt sich genau nachvollziehen, welcher Prototyp wann verwendet und wie er konfiguriert wurde, indem die Verbindung von Parametern zum Design hergestellt wird.

Darüber hinaus erlaubt der Ansatz die Erstellung von Prototypen, die auf Wiederverwendbarkeit ausgelegt sind. Die Wiederverwendbarkeit von Prototypen bedeutet auch, dass sie außerhalb von Produktentwicklungsprojekten erstellt werden können. Dies führt zu einer Entkopplung bestimmter Informationsobjekte und Prozesse vom konkreten Entwicklungsprojekt und schafft einen gemeinsamen und zentral koordinierten Datenbereich für alle Projekte, in dem Modelle, Ergebnisse, Parameter, Soll-

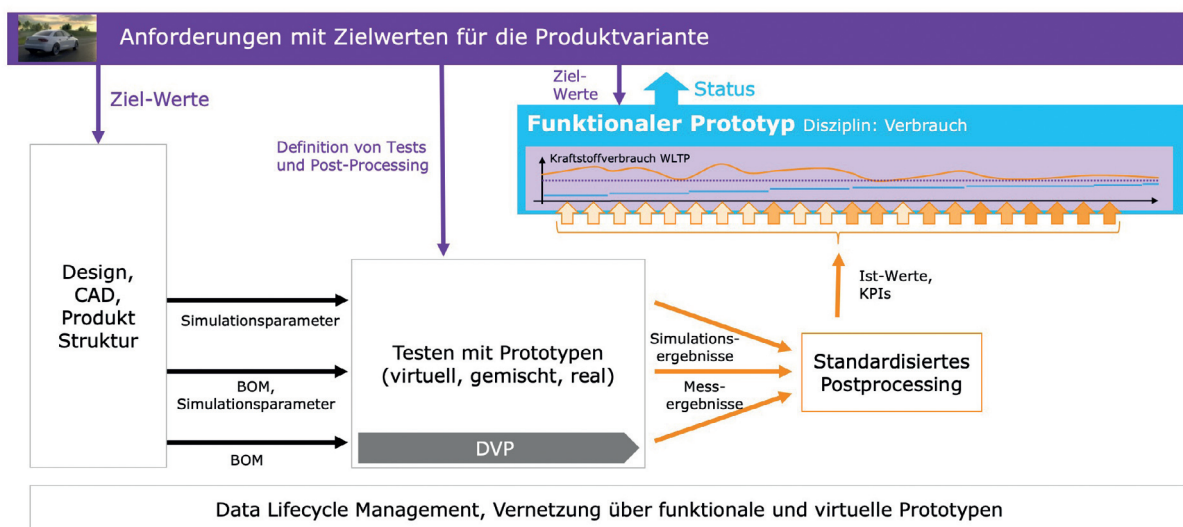


Bild 3: Verknüpfung von Produktstruktur und funktionaler Abbildung durch kontinuierliche Validierung

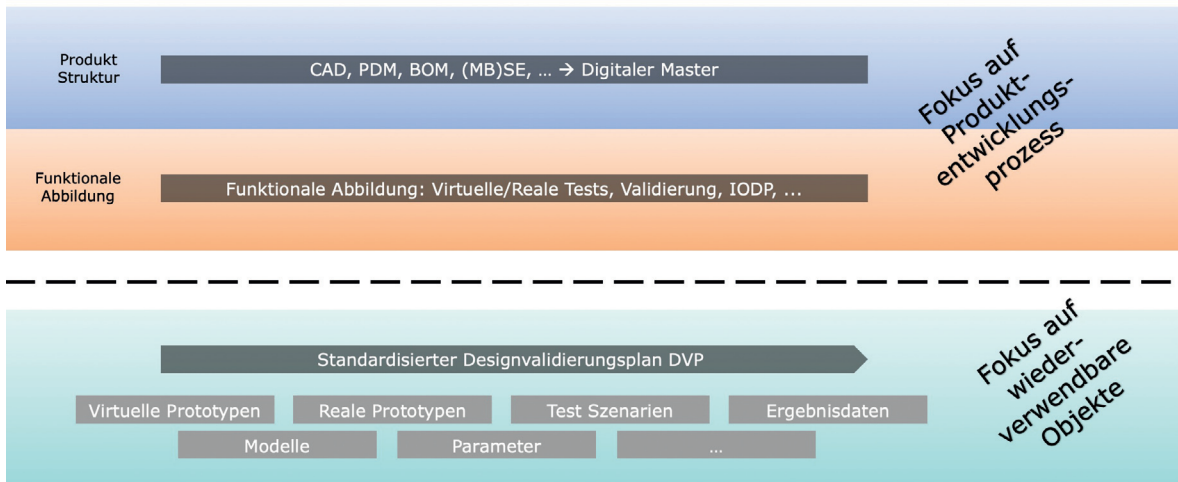


Bild 4: Unterscheidung zwischen Produktentwicklungsprozess und Umgebungsbereitstellung

werte, Istwerte, virtuelle Prototyp-Architekturen, DVPs, Testszenarien, etc. gesammelt werden.

Im Gegenzug erhalten wir die Wiederverwendbarkeit genau dieser Informationsobjekte über mehrere Entwicklungsprojekte hinweg, was zu einer Senkung der Entwicklungskosten und Risikominderung führt. Da der Kontext vollständig erhalten bleibt, können wir den Digital Thread nicht nur projektweise, sondern über mehrere Projekte hinweg etablieren (Bild 4).

Auf den Punkt gebracht

Mit neutraler Datenintegration können wir Daten aus verschiedenen Quellen und Domänen kombinieren. Der funktionale Prototyp ist ein fortschrittliches Datenmodell, das eine kontinuierliche und konsistente Sicht auf den Zustand des Produkts bietet - über den gesamten Lebenszyklus von der Entwicklung über die Produktion bis zum Fahrzeug im Einsatz. Functional Prototype Management bieten ein durchgängiges Konzept für die Komponenten-, Subsystem- und Produktebene und ermöglicht Transparenz und Überwachung der Zielerreichung über den gesamten Produktentstehungsprozess hinweg.

Es verbindet die produktstrukturorientierte Welt mit der Validierungswelt. Wir können nun die Validierung innerhalb des Entwicklungsprozesses automatisiert und standardisiert durchführen, was wiederum die Datenkonsistenz fördert. Wir sind in der Lage, genau zu sagen,

welche Version eines Modells, Parameters oder Prototyps für einen bestimmten Test verwendet wurde. Dies macht ein Lifecycle-Management aller relevanten Datenentitäten durch die Kombination bestehender und neuer Datenbanken möglich und notwendig. Voraussetzung ist für uns die Identifikation aller relevanten Informationsobjekte. All dies ermöglicht ein tiefes Verständnis der Daten und die Optimierung von Prozessen sowie Methoden auf Basis von massiv strukturierten Daten.

Und Ihr daraus resultierender Nutzen?

- Erhöhte Geschwindigkeit durch effiziente Kommunikation
- Erhöhte Konsistenz und Nachvollziehbarkeit
- Erhöhte Prozessautomatisierung

Wenn Sie Ihre Herausforderung der Digitalisierung anpacken möchten, nehmen Sie Kontakt mit uns auf. Wir analysieren Ihre aktuelle Situation, leiten gemeinsam mit Ihnen Ihr „Big Picture“ ab und legen konkrete nächste Schritte fest. ◀



Kontakt

Josef Zehetner
 Chief Engineer
 System Architecture IODP
 AVL
 josef.zehetner@avl.com




Kontakt

Katrin Moser
 Marketing Specialist IODP
 AVL
 katrin.moser@avl.com

