

Transfer von Prozessen des Software-Produktlinien Engineering in die Elektrik/Elektronik-Architecturentwicklung von Fahrzeugen

Martin Jaensch, Bernd Hedenetz, Markus Conrath, Klaus D. Müller-Glaser*

E/E-Architektur (GR/PSA)
Daimler AG
HPC: G007-BB
71059 Sindelfingen
{martin.jaensch, bernd.hedenetz,
markus.m.conrath}@daimler.com

Institut für Technik der
Informationsverarbeitung (ITIV)*
Karlsruher Institut für Technologie
Vincenz-Prießnitz-Straße 1
76131 Karlsruhe
klaus.mueller-glaser@kit.edu

Abstract: In der Entwicklung von Elektrik/Elektronik-Architekturen¹ in Fahrzeugen gibt es derzeit den starken Trend hin zu dem Einsatz von Modulkomponenten, die innerhalb eines Automobilherstellers modellübergreifend, teilweise sogar herstellerübergreifend eingesetzt werden. Ziel dieses Ansatzes ist die Reduzierung von Komponentenvarianten durch Wiederverwendung bei gleichzeitiger vereinfachter Ableitung von Varianten einer Baureihe².

In der SW-Entwicklung stellten sich ähnliche Fragestellungen bei der Wiederverwendung und Variantenbildung von SW-Komponenten, so dass daraus die Prozesse des SW-Produktlinien Engineering entstanden. In diesem Artikel wird analysiert, welche Prozesse für die Wiederverwendung und Variantenbildung in der E/E-Architecturentwicklung übernommen und adaptiert werden können.

1 Stand der Technik – SW-Produktlinien Engineering

In der Produktentwicklung verspricht die Idee der Entwicklung einer Basis von gemeinsamen Artefakten³ und deren Wiederverwendung in davon ableitbaren Varianten eine höhere Effizienz im Entwicklungsaufwand [HP02]. Der SW-Produktlinienansatz ist genau ein solches Konzept, welches eine systematische Wiederverwendung von gemeinsamen SW-Komponenten in mehreren Produktenvarianten ermöglicht.

In der Abb.1 ist der Prozess des SW-Produktlinien Engineering gem. [PBL05] dargestellt. In der oberen Hälfte der Abbildung befindet sich der Prozess des Domain Engineering, in der unteren Hälfte der Prozess des Application Engineering.

¹ Elektrik/Elektronik wird nachfolgend E/E abgekürzt

² Fahrzeugmodell eines Automobilherstellers, z.B. Mercedes-Benz E-Klasse.

³ Ergebnis eines Prozesses im Domain oder Application Engineering; umfasst Anforderungen, Architektur, Komponenten oder Tests [PBL05].

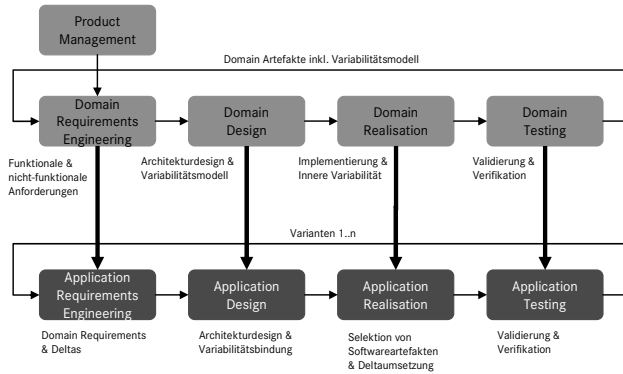


Abbildung 1: Prozess des SW-Produktlinie Engineering gem. [PBL05]

Im Prozess des Domain Engineering werden die allgemeingültigen Produktlinien-Aspekte und Variationsmöglichkeiten, d.h. die gemeinsamen und variablen Artefakte der Produktlinie, definiert und entwickelt.

Das Application Engineering befasst sich mit der Erstellung konkreter Varianten der Produktlinie unter Verwendung der vom Domain Engineering gelieferten Artefakte, z.B. der Architektur. Ziel ist ein hoher Grad der Wiederverwendung dieser Artefakte bei der Variantenentwicklung und damit die Ausnutzung von gemeinsamen Anforderungen zur Bildung der Produktvariante.

2 Anforderungen der E/E-Architecturentwicklung

Die E/E-Architecturentwicklung in der Automobilindustrie ist durch spezifische Rahmenbedingungen geprägt. Diese werden in diesem Kapitel nachfolgend betrachtet.

Variantevielfalt der E/E-Architecturentwicklung: Ein Automobilhersteller besitzt unterschiedliche E/E-Plattformen⁴ bedingt durch unterschiedliche Anforderungsprofile der Fahrzeuge. Es werden von diesen E/E-Plattformen die E/E-Architecturentwicklung der unterschiedlichen Baureihen (in Abb.2: BR-übergreifende Varianz) sowie Derivate⁵ (in Abb.2: BR-interne Varianz) für verschiedene Aufbauvarianten, Ausstattungsgrade oder Angebotsmärkte abgeleitet. Der Modulbaukasten (siehe Kap. 2 nachfolgend) enthält unterschiedliche Ausprägungen der Modulkomponenten (in Abb.2: Modul-interne Varianz), welche jeweils in verschiedenen E/E-Plattformen integriert werden.

Die zeitliche Varianz der E/E-Architecturentwicklung ist bedingt durch die Weiterentwicklung der Modulkomponenten des Modulkastens, durch die Evolution der E/E-Plattformen bei neuen Innovationen oder weiterentwickelten Modulkomponenten sowie durch den Lebenszyklus der Baureihen (in Abb.2: zeitl. Varianz).

⁴ Eine E/E-Plattform ist eine Basis von Komponenten, aus denen eine wiederverwendbare E/E-Architecturentwicklung für mehrere Baureihen gebildet wird (entspricht einer Kernarchitecturentwicklung gem. [PBL05]).

⁵ Derivat ist eine Karosserievariante innerhalb einer Baureihe, z.B. Limousine/ Cabrio/ Coupe/ etc.

Aufgrund der Variantenvielfalt wird zur Aufwandsreduzierung in der zukünftigen E/E-Architecturentwicklung durch die Einbindung eines Modulbaukastens ein hoher Grad der Wiederverwendung von Modulkomponenten angestrebt.

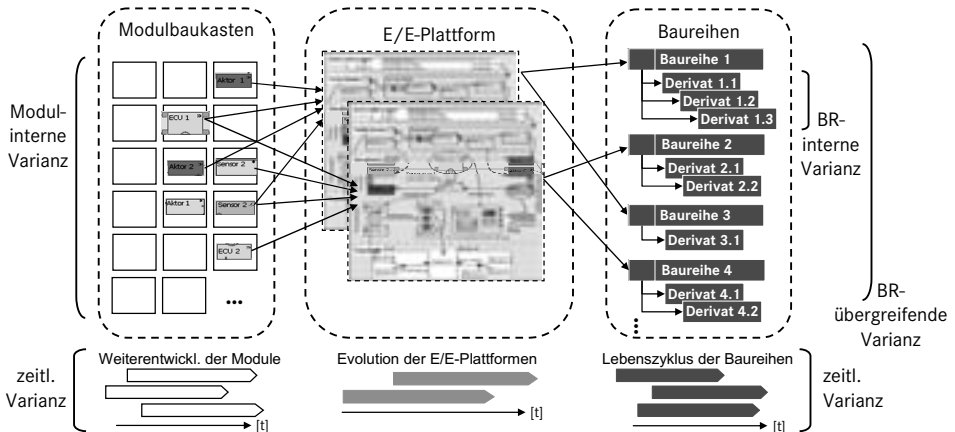


Abbildung 2: Varianz und Abhängigkeiten in der E/E-Architecturentwicklung

Modularisierung von Komponenten der E/E-Architekturen: Die Modularisierung ist für die Automobilindustrie ein wichtiger Ansatz, um mit Skaleneffekten durch die erhöhte Wiederverwendung von Komponenten den Entwicklungsaufwand zu begrenzen.

Das Fahrzeug wurde in Modulkomponenten unterteilt und in einem Modulbaukasten gruppiert. Dabei zählten als Kriterium der Zerlegung die montageorientierten Aspekte der Produktion, z.B. dass eine Modulkomponente durch eine definierte Arbeitseinheit oder einen definierten Arbeitsschritt montiert wird, oder dass eine Modulkomponente in der Logistik als Einheit gesehen wird. Somit bilden die Modulkomponenten fahrzeugbauliche Einheiten und bezeichnen nicht wie in der SW-Technik von einer Plattform abgeleitete Einheiten.

Durch die Einbindung des Modulbaukastens in die E/E-Architecturentwicklung wird eine Wiederverwendung der Modulkomponenten erleichtert. Zurzeit sind die frühe Phase der E/E-Architecturentwicklung und die Modularisierung strukturell entkoppelt.

Entwicklungsphasen der E/E-Architekturen: Die E/E-Architecturentwicklung teilt sich in die Konzeptphase sowie in die Serienentwicklung auf. In der Konzeptphase wird der E/E-Architekturwurf inklusive der Untersuchungen von alternativen Realisierungen der E/E-Architektur und E/E-relevanten Innovationen durchgeführt. Dabei muss die E/E-Plattform über den gesamten E/E-Architekturlebenszyklus für neue Innovationen erweiterbar und gegenüber technologischen Veränderungen belastbar ausgelegt sein. Diese „Robustheit“ der E/E-Plattform muss in der Konzeptphase virtuell abgesichert werden, da sie vor der Erstellung von Spezifikationen (Lastenheften) der abgesicherten Innovationen in der Serienentwicklung stattfindet.

3 Konzept des E/E-Produktlinien Engineering

In diesem Kapitel wird das SW-Produktlinien Engineering gem. [PBL05] für eine E/E-Produktlinie⁶ gem. den folgenden Anforderungen aus Kap.2 angepasst:

- Einbindung der Modulkomponenten in die E/E-Architekturentwicklung,
- Absicherung der E/E-Plattform in einer frühen Phase des Plattformentwurfs.

Die Abb.3 zeigt die Anpassung des SW-Produktlinien Engineering an die E/E-Architekturentwicklung. Die grau eingefärbten Prozesse entsprechen dem SW-Produktlinien Engineering in Abb.1. Die schwarz bzw. weiß eingefärbten Prozesse sind Erweiterungen resultierend aus den Anforderungen in Kap.2. Die horizontalen Gruppierungen (gestrichelte Linien) verdeutlichen die organisatorische Zugehörigkeit der Prozesse. Das gesamte E/E-Produktlinien Engineering ist mit den Entwicklungsphasen gem. Kap.2 hinterlegt.

3.1 Management der E/E-Produktlinie

Die Kundenanforderungen werden nicht zentral für die gesamte E/E-Produktlinie definiert (gem. *Product Management* in Abb.1), sondern in den Prozessen {*Plattform, Baureihen, Modul*} *Management* jeweils für die E/E-Plattform, die Derivate und die Modulkomponenten spezifiziert. Dieses hat verschiedene Vorteile, wie z.B. die E/E-Plattform kann strategisch für mehrere Baureihen definiert, neue Anforderungen noch in der Serienentwicklung für die Baureihe bzw. das Derivat abgeleitet sowie die Entkopplung des Entwicklungszyklus der Modulkomponenten unterstützt werden.

3.2 E/E-Plattform

Die E/E-Plattform wird in der Konzeptphase modellbasiert entwickelt [RSB07] und virtuell abgesichert [GMRM08]. Dazu wird im Prozess *Plattform Requirements Engineering* die Umsetzung der Funktionen vom *Plattform Management* festgelegt, d.h. welche Komponente für die E/E-Plattform modelliert wird. Im Prozess *Plattform Design* werden diese Komponenten modelliert, wobei der Modulbaukasten über das *Plattform Requirements Engineering* die zur Auswahl stehenden Modulkomponenten vorgibt.

Im Prozess *Virtuelle Absicherung Plattform* wird die Absicherung der E/E-Plattform durchgeführt. Dazu wird iterativ eine E/E-Plattform im Prozess *Plattform Design* entworfen, auf Konzepttauglichkeit im Prozess *Virtuelle Absicherung Plattform* bewertet und ggf. Optimierungen durchgeführt. Das Ergebnis ist ein Architekturkonzept, welches die technische Machbarkeit einer E/E-Plattform nachweist. Die iterative Architekturoptimierung ist notwendig, um die E/E-Plattform bei Änderungen durch die Weiterentwicklung der Modulkomponenten oder neuen Innovationen anzupassen. Die abgesicherte E/E-Plattform wird als Architekturmodell zur Wiederverwendung in verschiedenen Derivaten dem Prozess *Architektur Design* bereitgestellt.

⁶ E/E-Produktlinie bezeichnet nachfolgend eine Produktlinie in der E/E-Architekturentwicklung

Die Prozesse *Domain Realisation* und *Domain Testing* aus Abb.1 entfallen hier, da die Umsetzung der Komponenten in die Prozesse des Modulbaukastens verlagert wird.

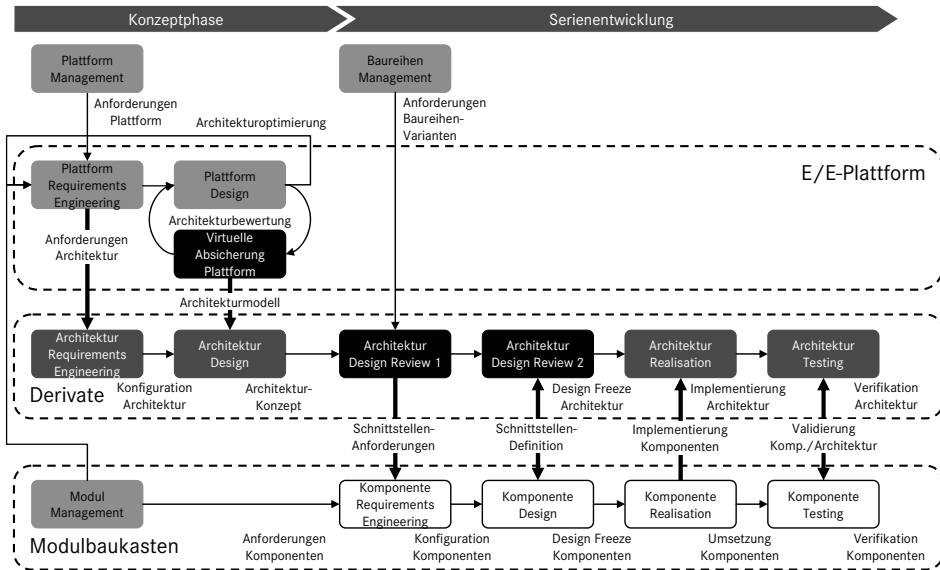


Abbildung 3: Produktlinienansatz für die E/E-Architecturentwicklung

3.3 Derivate

Die Derivate in Abb.3 werden als E/E-Architekturvariante gebildet. Dabei stellt die E/E-Plattform eine abgesicherte E/E-Architektur (in Form eines Modells) und der Modulbaukasten stellt die notwendigen Modulkomponenten in der Serienentwicklung.

Im Prozess *Architektur Requirements Engineering* wird die Konfiguration für die E/E-Architekturvariante festgelegt, d.h. welche Modulkomponenten wiederverwendet werden. Im Prozess *Architektur Design* wird das abgesicherte Architekturmodell aus der E/E-Plattform übernommen und gem. der Konfiguration eine modellbasierte E/E-Architekturvariante für das Architekturkonzept erstellt. Dieses Architekturkonzept wird als Nachweis der Konzepttauglichkeit in die Serienentwicklung übernommen und dort als Vorgabe für den weiteren Spezifikations- und Umsetzungsprozess beachtet.

In der Serienentwicklung sind die beiden eingeführten *Design Review*-Prozesse zum Schnittstellenabgleich mit den Modulkomponenten bei Übernahme in die E/E-Architektur notwendig. Die elektrischen (z.B. Buskommunikation) und ausgewählten physikalischen Schnittstellen (z.B. Bauraum) sind in der *Virtuellen Absicherung Plattform* überprüft worden, so dass nur für weitere Schnittstellen oder Änderungen durch das *Baureihen Management* eine neue Schnittstellendefinition durchgeführt wird. Die Prozesse *Architektur Realisation* sowie *Architektur Testing* entsprechen dem Vorgehen gem. des SW-Produktlinien Engineering.

3.4 Modularisierung

Der Modulbaukasten ist in die E/E-Architecturentwicklung mit dem Ziel der Wiederverwendung von Modulkomponenten gem. Kap.2 eingebunden. Im Prozess *Modul Management* werden die Modulkomponenten verwaltet sowie zur Absicherung der E/E-Plattform in der Konzeptphase bereitgestellt.

In der Serienentwicklung der Derivate werden Schnittstellenanforderungen der E/E-Architektur (z.B. Typ der Busanbindung) an die Modulkomponenten über dem Prozess *Komponente Requirements Engineering* vorgegeben. Bei Änderungen der Anforderungen durch den Prozess *Baureihen Management* wird im Prozess *Komponente Design* die neue Schnittstellen definiert, was gleichzeitig zu einer Weiterentwicklung der Modulkomponenten führt (siehe Abb.2). Die Prozesse *Komponente Realisation* und *Komponente Testing* verwenden die Modulkomponenten gem. dem SW-Produktlinien Engineering aus Kap.1.

4 Zusammenfassung und Ausblick

In der E/E-Architecturentwicklung wird die Reduzierung der Variantenvielfalt von Komponenten mittels deren modulatorientierter Wiederverwendung angestrebt. Der eingeführte Modulbaukasten gibt nach dem Baukastenprinzip die Vorgaben für die Wiederverwendung von Modulkomponenten, allerdings ist kein Prozess zur Einbindung in die E/E-Architekturen vorgegeben. Der Ansatz des SW-Produktlinien Engineering hat als Ziel die Wiederverwendung von SW-Komponenten, weshalb dessen Prozesse auf die Eignung für die E/E-Architecturentwicklung untersucht wurden.

Im Kap.3 werden die Prozesse eines E/E-Produktlinien Engineering dargestellt. Die notwendigen Anpassungen und Erweiterung des SW-Produktlinien Engineering wurden gem. den Anforderungen aus Kap.2 sowie der Einführung des Modulbaukasten definiert.

Als nächster Schritt wird die Einbindung des Modulbaukastens in der Konzeptphase umgesetzt und die Eignung der Wiederverwendung von Modulkomponenten in der modellbasierten E/E-Architecturentwicklung der Konzeptphase bewertet.

Literaturverzeichnis

- [GMRM08] Gebauer, D.; Matheis, J.; Reichmann, C.; Müller-Glaser, K. D.: Ebenenübergreifende, variantengerechte Beschreibung von Elektrik/Elektronik-Architekturen, Haus der Technik, Juli 2008, S. 142-153.
- [HP02] Halmans, G.; Pohl, K.: Modellierung der Variabilität einer Software-Produktfamilie. LNI Vol. 12 - Modellierung in der Praxis, 2002; S. 63-74.
- [PBL05] Pohl, K.; Böckle, G.; van der Linden, F.: Software Product Line Engineering - Foundations, Principles, and Techniques. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2005.
- [RSB07] Ringler, Th.; Simons, M.; Beck, R.; Reifegradsteigerung durch methodischen Architektorentwurf mit dem E/E-Konzeptwerkzeug, VDI-Berichte 2007, Baden-Baden, Okt. 2007.