

Softwarebasierte Produktlinien – Szenarien für Automobilhersteller und Zulieferer

Kerstin Buhr

Technische Universität Berlin
Fachgebiet Softwaretechnik
Franklinstraße 28/29
D-10587 Berlin, Deutschland
Buhr@cs.TU-Berlin.de

Ramin Tavakoli Kolagari

DaimlerChrysler AG
Forschung und Technologie
Abteilung RIC/SP
Postfach 23 60, D-89081 Ulm, Deutschland
Ramin.Tavakoli_Kolagari@DaimlerChrysler.com

Abstract: Die Suche nach Lösungsansätzen zur Handhabung der im Automobilbereich oft zitierten, schwer handhabbaren Entwicklungskomplexität führt die Fahrzeughersteller zu den von einigen großen Zuliefererfirmen erfolgreich eingesetzten Produktlinien für softwareintensive Systeme (Software-Produktlinien). Nun gilt es seitens der Hersteller, ihre Potentiale für Software-Produktlinien zu identifizieren und diese effizient zu nutzen. Letzteres erfordert die enge Zusammenarbeit mit dem Zulieferer und somit einen ganzheitlichen Ansatz. Das Papier zeigt sinnvolle Software-Produktlinien für die Automobilherstellung auf und beschreibt Szenarien für deren Einsatz unter Berücksichtigung der Rolle des Herstellers und Zulieferers.

1 Einleitung

Im Automobilbereich sehen sich die Entwickler eingebetteter Systeme seit längerer Zeit den Herausforderungen einer kontinuierlich steigenden Hardware- und Software-Komplexität bei sich verkürzenden Entwicklungszeiträumen gegenüber gestellt. Die Funktionalität der Steuergeräte, der Umfang ihrer Kommunikation und die Anzahl ihrer Schnittstellen haben drastisch zugenommen [WW03]. Neben der Herausforderung, innovative Systeme von der Forschung und Entwicklung in die Serienproduktion zu bringen, ist die Einhaltung der für Automobilsysteme geltenden hohen Qualitäts- und Sicherheitsanforderungen unabdingbar.

2 Produktlinien für Fahrzeug-Software

Begriffsabgrenzung. Eine Software-Produktlinie ist in [CN02] treffend charakterisiert als “a set of software-intensive systems sharing a common, managed set of features that satisfy the specific needs of a particular market segment or mission and that are developed from a common set of core assets in a prescribed way.” Im Gegensatz zu Produktfamilien, die die Wiederverwendung von Produkteigenschaften methodisch nicht unterstützen, werden Produkte aus Produktlinien gemäß einem vorgegebenen Prozess zusammengesetzt. Die mögliche Variabilität zwischen den Produkten wird in Form von

Variationspunkten vermerkt. Hauptbestandteil der Produktlinie sind die *Kern-Wertträger* als die stabilen, wiederverwendbaren Teile der Artefakte und Prozesse der Systementwicklung [CN02], wie Anforderungen, Software-Architektur, Tools, Methoden, etc.

Produktlinienaufbereitung. Fahrzeuge verfügen über eine logische und eine technische Systemarchitektur [SZ03]. Die logische Systemarchitektur setzt sich aus Funktionsgruppen zugeordneten Funktionen, die technische Systemarchitektur aus zu Subsystemen zusammengefassten Steuergeräten zusammen, siehe Abbildung 1. Die mechanischen, keine Software enthaltenden Fahrzeugkomponenten werden nicht betrachtet.

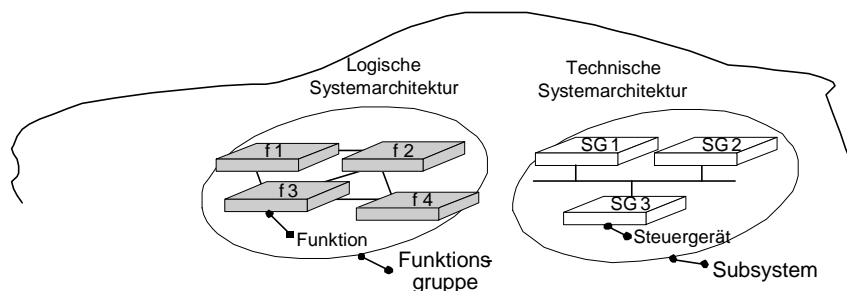


Abbildung 1 Technische und logische Systemarchitektur nach [SZ03]

Der Aufbau der technischen und logischen Systemarchitektur legt eine Dekomposition der Architekturen in jeweils drei Abstraktionsebenen nahe, siehe Abbildung 2.

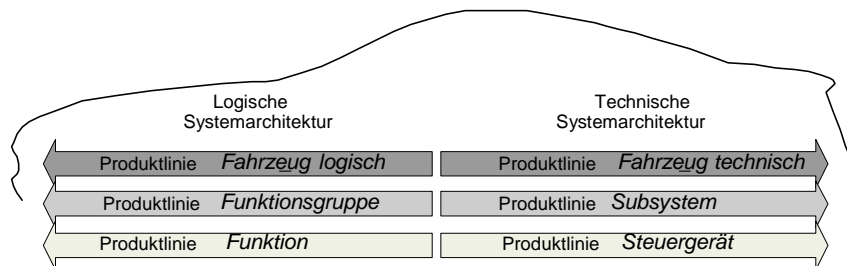


Abbildung 2 Logische und technische Abstraktionsebenen

Die Produktlinien *Fahrzeug_logisch*, *Funktionsgruppe* und *Funktion* beinhalten ausschließlich die Software ihrer Abstraktionsebene als Kern-Wertträger und sind somit für die Definition von Software-Produktlinien sehr attraktiv. Allerdings muss die Handhabbarkeit der Software-Produktlinie gewährleistet sein, so dass die Produktlinie *Fahrzeug_logisch* mit der gesamten Fahrzeug-Software als Kern-Wertträger als Software-Produktlinie zwar möglich, aber nicht sinnvoll ist.

Funktionsgruppen-Software beinhaltet die Funktionalität logisch zusammengehörender, untergeordneter Funktionsgruppen oder Einzel-Funktionen und ist der Kern-Wertträger der Produktlinie *Funktionsgruppe*. Diese ist als Software-Produktlinie sowohl für Fahrzeughersteller als auch Zulieferer interessant, beispielsweise für die

Wiederverwendung der Software-Architektur einer Funktionsgruppe. Funktions-Software realisiert eine logisch abgeschlossene, nicht weiter sinnvoll teilbare Funktionalität und ist der Kern-Wertträger der Produktlinie *Funktion*. Die Produktlinie *Funktion* ist die künftig sowohl für Hersteller als auch Zulieferer interessanteste Software-Produktlinie, da sie mit der Software-Architektur von Einzel-Funktionen einen wichtigen Gegenstand der Wiederverwendung beinhaltet.

Die Produktlinien *Fahrzeug_technisch*, *Subsystem* und *Steuergerät* beinhalten jeweils die Hardware als auch die Software als Kern-Wertträger. Eine Software-Produktlinie ist somit Teil der Gesamt-Produktlinie und wird unter Berücksichtigung der technischen Kern-Wertträger betrachtet. Solche hybriden Produktlinien werden aufgrund der eingeschränkten Gestaltungsmöglichkeiten der voneinander abhängigen Kern-Wertträger als ungünstig betrachtet. Vor diesem Hintergrund, und auch aufgrund der nicht handhabbaren Komplexität, wird die Produktlinie *Fahrzeug_technisch* mit dem gesamten Steuergeräte-Verbund des Fahrzeugs und der Fahrzeug-Software als Kern-Wertträger als für eine Software-Produktlinie nicht geeignet eingestuft. Aufgrund der bei Hersteller und Zulieferer vorherrschenden hardwareorientierten Denkweise müssen allerdings die Produktlinien *Subsystem* und *Steuergerät* trotz der Vorbehalte als mögliche Produktlinien in Betracht gezogen werden, wobei deren mittelfristige Tragfähigkeit fraglich ist, siehe Abschnitt 3.

Die Kern-Wertträger der Produktlinie *Subsystem* bilden die aus integrierten Steuergeräte-Verbunden und deren Software bestehende Subsysteme. Diese können weitere Subsysteme enthalten. Die Produktlinie *Subsystem* ist für Zulieferer wichtig, während die Fahrzeughersteller aufgrund der Tatsache, dass die Eigenschaften einer Software ihren Ursprung in den Anforderungen haben, an der Software des Steuergeräte-Verbundes und deren Architektur interessiert sind. Ähnliches gilt für die Produktlinie *Steuergerät*, deren Hard- und Software als Kern-Wertträger von einigen Zulieferern bereits erfolgreich eingesetzt wird.

3 Szenarien für Produktlinien für softwareintensive Systeme

Für einen **zeitnahen** Produktlinien-basierten Ansatz zur Lösung der bestehenden Herausforderungen erscheint die Produktlinie *Steuergerät* als die am besten geeignete. Ihr derzeit erfolgreicher Einsatz bei einigen großen Zuliefererfirmen beruht auf dem weitestgehend noch immer gültigen Paradigma „ein Steuergerät – ein Zulieferer“, mit dem ein einzelner Zulieferer Zugriff auf die gesamte Steuergeräte-Software hat. Aufgrund der zunehmenden Anzahl von wettbewerbsdifferenzierenden Fahrzeugfunktionen bei gleich bleibendem Bauraum in der Funktionsentwicklung ist bereits heute der Trend hin zu „eine Funktion – ein Zulieferer“ erkennbar, was **mittelfristig** auch den Wechsel von der Produktlinie *Steuergerät* hin zur Produktlinie *Funktion* erfordert, da ein einzelner Zulieferer bei mehreren Funktionen nicht zwangsläufig Zugriff auf die komplette Software eines Steuergerätes hat.

Die nachfolgenden Szenarien illustrieren, in welchem Kontext Produktlinien auf Steuergeräten aus Sicht des Fahrzeugherstellers interessant sind und wie die

Zusammenarbeit mit dem Zulieferer aussehen kann; die hier beschriebenen Szenarien stellen theoretische Überlegungen dar und geben keinerlei Auskunft zur Strategie eines oder mehrerer Automobilhersteller.

Die Szenarien orientieren sich an den Kompetenzen (Anforderungserstellung, System-Architektur, Code, ...) von Auftraggeber und Zulieferer, wodurch die drei wesentlichen Eckmodelle für eine *interessante* Aufteilung der Kompetenzen zwischen Automobilhersteller und Zuliefererfirmen angegeben werden. Für den Fall, dass eine der beiden Firmen alle während des Software-Entwicklungszyklus anfallenden Artefakte betreut, umfasst die Frage nach sinnvoller Einführung von Produktlinien nur den Punkt, ob der *Scope* der Produktlinie so gewählt werden kann, dass man eine profitable Verteilung zwischen Variabilität und Gemeinsamkeit vorliegen hat. Die Szenarien werden hinsichtlich ihrer Nähe zu den aktuellen Kompetenzen der Beteiligten und ihrer Nutzung der Stärken des Produktlinienvorgehens bewertet.

1. *Ausweitung der Software-Kompetenz durch Spezifikation der Software-Architektur.* Durch Vorhaltung des Schlüsselartefakts Software-Architektur versetzt sich der Automobilhersteller in die Lage, ein für ihn wichtiges Artefakt in einer Produktlinie zu verwalten und damit konkret zu beeinflussen. Durch Auslagerung der Architektur in Software wird weiterhin der Zulieferer in die Entwicklung mit einbezogen, allerdings unter Maßgabe der vom Automobilhersteller verwalteten wichtigen Entscheidungen. Dieses Szenario ist für den Auftraggeber ein mit Risiken und hohen Initiierungskosten verbundenes Unternehmen und für die Zulieferer durch die zunehmende Unabhängigkeit des Auftraggebers sehr unattraktiv.
2. *Wiederverwendung von Anforderungen und Testfällen durch Abstraktion (verglichen [HH03]).* Werden Anforderungs- und Testdokumente abstrakt formuliert und die Instanzierungen dieser Beschreibungen eindeutig als Variation deklariert, so kann der Zulieferer seine Produktlinie auftraggeberspezifisch anpassen und seine Kern-Wertträger verlässlich nutzen. In diesem Fall gewinnt der Auftraggeber einen größeren Verhandlungsspielraum bezüglich der Kosten des jeweiligen Auftrags, da bei stabiler Nutzung des vorgefertigten Kerns der Zulieferer günstiger entwickeln kann, sowie eine bessere Qualität, weil die Kern-Wertträger häufiger genutzt und damit häufiger verbessert werden. Dieses Szenario wird aktuell in der Praxis mit Erfolg angewendet.
3. *Verknüpfung von Auftraggeber- und Zulieferer-Produktlinie über eine eindeutige Schnittstelle.* Um die Vorteile der Zulieferer-Produktlinie auch auftraggeberseitig nutzen zu können, ist der Aufbau einer eigenen, vollständigen Produktlinie nicht zwingend notwendig. Kann man sich mit dem Zulieferer über eine klare Schnittstelle und ein eindeutiges Austauschformat einigen, können beide Produktlinien gekoppelt werden, wobei auftraggeberseitig Anforderungen, System- und Komponenten-Architektur sowie abstrakte Tests in die Produktlinie einfließen, während zuliefererseitig die Software-Architektur, Code und konkrete Tests bereitgestellt werden. Somit tauschen Auftraggeber und Zulieferer lediglich die Kern-Wertträger aus und kennzeichnen die wettbewerbsdifferenzierenden Anteile explizit als Variation. In der Folge arbeitet der Zulieferer mit Auftraggeber-unabhängigen Kern-Wertträgern, was ihm durch das Ausbleiben auftraggeberspezifischer Änderungen Entwicklungszeit und -kosten spart. Der Auftraggeber gewinnt, ähnlich 2., durch die günstigere

Entwicklung des Zulieferers und die bessere Qualität des Kern-Wertträgers. Die Initialisierung einer solchen gekoppelten Produktlinie muss unter Einbeziehung der Zulieferer vom Auftraggeber ausgehen. Unter den betrachteten Gesichtspunkten erscheint uns dieses Szenario als vielversprechend, da ein ausgereiftes Produktlinienvorgehen gewinnbringend in der aktuellen Aufteilung der Kompetenzen zwischen Auftraggeber und Zulieferer angewendet wird.

4 Ergebnis, Erfahrungen und Ausblick

Die Analyse des technischen und logischen Fahrzeugaufbaus und die Berücksichtigung der Aufgaben und Interessen sowohl des Automobilherstellers als auch des Zulieferers hat gezeigt, dass eine auftraggeberseitige, vollständige Einführung von Produktlinien, die alle in der Systementwicklung anfallenden Artefakte berücksichtigt und damit einer Eigenentwicklung den Weg bahnt, nicht sinnvoll ist. Auch eine Reduzierung der Produktlinienidee, beispielsweise auf die Anforderungen als Kern-Wertträger mit Auszeichnung der Variationen sowie deren Pflege, Prozesse, Management, etc. (verglichen [HMB02]) wurde als nicht sinnvoll identifiziert, da dem hohen Aufwand wenig Gewinn gegenübersteht.

Als realistisches und wünschenswertes Szenario wird die in Szenario 3 vorgestellte Kombination der Produktlinien von Automobilhersteller und Zulieferer über den Austausch von Kern-Wertträgern gesehen. Diesem Szenario liegt eine Kooperation beider Partner zugrunde und hält für beide Seiten Vorteile und Potentiale bereit. Weiterhin wird mit diesem Ansatz die Basis für den Wandel zur oben angesprochenen, mittelfristig erwarteten funktionsbasierten Produktlinie gelegt, deren Realisierung ebenfalls in Form einer gekoppelten Produktlinie denkbar ist. Konkrete Vorschläge und Ansätze für die Umsetzung dieses Szenarios unter Einbeziehung von Zulieferern sind ein wesentlicher Gegenstand künftiger Arbeiten auf diesem Gebiet.

Diese Veröffentlichung entstand unter anderem im Rahmen des Forschungsprojektes IMMOS.

5 Literaturverzeichnis

- [CN02] Clements, P.; Northrop, L.: Software Product Lines: Practices and Patterns, The SEI Series in Software Engineering, Addison-Wesley, Boston, 2002.
- [HH03] Heumesser, N.; Houdek, F.: Towards Systematic Recycling of System Requirements, Proceedings of the 25th International Conference on Software Engineering (ICSE), Portland, 2003; S. 512-519.
- [HMB02] Hardt, M.; Mackenthun, R.; Bielefeld, J.: Integrating ECUs in Vehicles – Requirements Engineering in Series Development, Proceedings IEEE Joint International Requirements Engineering Conference, Essen, 2002; S. 227-236.
- [SZ03] Schäuuffele, J.; Zurawka, T.: Automotive Software Engineering – Grundlagen, Prozesse, Methoden und Werkzeuge, ATZ-MTZ-Fachbuch, Vieweg Verlag, Wiesbaden, 2003.
- [WW03] Weber, M.; Weisbrod, J.: Requirements Engineering in Automotive Development – Experiences and Challenges, IEEE Software, Los Alamitos, 2003; S. 16-24.