

# Anforderungsmanagement in der Automobilindustrie: Variabilität in Zielen, Szenarien und Anforderungen

Stan Bühne, Kim Lauenroth, Klaus Pohl

Software Systems Engineering, ICB  
Universität Duisburg-Essen, 45117 Essen  
{buehne|lauenroth|pohl}@sse.uni-essen.de

**Abstract:** Der zunehmende Anteil von Software im Automobil stellt neue Herausforderungen an das Anforderungsmanagement in der Automobilindustrie: Dokumentation und Management unterschiedlicher Anforderungsartefakte auf unterschiedlichen Abstraktionsstufen, sowie die Wiederverwendung von Anforderungen unter Berücksichtigung gegebener Abhängigkeiten.

## 1 Einleitung

Durch die zunehmende Komplexität von Systemen im Automobil [Gr03], steht sich das Anforderungsmanagement neuen Herausforderungen gegenüber [WW03]. Dieser Beitrag konzentriert sich auf zwei wesentliche Aspekte, die sich für das Anforderungsmanagement von komplexen Systemen als relevant herausgestellt haben:

- *Durchgängige Dokumentation von Anforderungen:* für die Verwaltung von Anforderungen und die Durchführung von Änderungen ist eine durchgängige Dokumentation eine Grundvoraussetzung.
- *Gezielte Wiederverwendung von Anforderungen:* für eine effiziente Wiederverwendung von Anforderungen, ist eine explizite Repräsentation von wieder verwendbaren Artefakten durch Variabilität essentiell.

Abschnitt 2 beschreibt die durchgängige Dokumentation von Anforderungsartefakten durch Ziele, Szenarien und Anforderungen auf verschiedenen Abstraktionsstufen. Abschnitt 3 beschreibt das Konzept der Variabilität zur gezielten Wiederverwendung von Anforderungen.

## 2 Durchgängige Dokumentation von Anforderungen

**Anforderungsdokumentation auf verschiedenen Ebenen:** Um die Komplexität von Anforderungen für die Systeme eines Automobils zu bewältigen ist es nahe liegend unterschiedliche Abstraktionsstufen einzuführen. Die Definition der Abstraktionsstufen wird durch die Unternehmensstruktur und vorhandene Entwicklungsprozesse bestimmt. In unserer Arbeit mit der Automobilindustrie haben sich die folgenden vier Abstraktionsstufen als sinnvoll herausgestellt:

- *Vehicle Level*: Anforderungen an das Automobil, z.B. „das Automobil soll den Fahrer möglichst komfortabel und ökonomisch an sein Ziel bringen“.
- *System Level*: Anforderungen an Systeme im Automobil unter Berücksichtigung der Vehicle-Anforderungen, z.B. „das Navigationssystem soll in der Lage sein möglichst kurze Strecken zu ermitteln“.
- *Function Level*: Anforderungen an Funktionalität eines Systems unter Berücksichtigung der System- und Vehicle-Anforderungen, z.B. „Navigation zu einem selektierten Adressbucheintrag“.
- *Process Level*: Anforderungen an die systeminterne Durchführung einer Funktion auf unterschiedlichen Komponenten, z.B. „Übergabe der Adressdaten aus Mobiltelefon an Navigationssystem“.

Die Definition von Anforderungen für eine Abstraktionsstufe z.B. *System Level* („Navigationssystem“) geschieht unter Berücksichtigung der Anforderungen der höheren Abstraktionsstufe, z.B. *Vehicle Level*, sodass die nächst höhere Abstraktionsstufe jeweils den Kontext vorgibt, z.B. Anforderungen für ein „Navigationssystem“ unter der Berücksichtigung der Anforderungen für einen „7er BMW“ müssen gehobenen Ansprüchen genügen.

**Ziele, Szenarien und Anforderungen im Anforderungsmanagement:** In unserer Erfahrung hat sich der Einsatz von Zielen, Szenarien und Anforderungen zur Spezifikation von Systemen in der Automobilindustrie als vorteilhaft herausgestellt:

- *Ziele* dokumentieren was durch ein intendiertes System erreicht werden soll, z.B. „Ablenkung des Fahrers bei der Bedienung des Audiosystems minimieren“.
- *Szenarien* dokumentieren konkrete Handlungsabläufe des Systems mit seiner Umgebung und setzen die aufgestellten Ziele in einen Kontext, z.B. ein Szenario, das die automatische Anpassung der Lautstärke aufgrund der Geschwindigkeit beschreibt.
- *Anforderungen* beschreiben ein System anhand mess- oder testbarer Kriterien. Anforderungen beschreiben dabei z.B. Constraints, Qualitäts-, Funktions-, Daten- und sonstige Anforderungen, z.B. „das Navigationssystem soll den Standort des Fahrzeuges mit einer Genauigkeit von 50m bestimmen“.

**Ziele, Szenarien und Anforderungen auf unterschiedlichen Abstraktionsstufen:** Um Anforderungen an die Software eines Automobils durchgängig zu dokumentieren werden die entsprechenden Ziele, Szenarien und Anforderungen auf den jeweiligen Abstraktionsstufen beschrieben (Abbildung 1).

- *Anforderungsartefakte auf Vehicle Level*: Vehicle-Ziele beschreiben was durch das Automobil erreicht werden soll (z.B. sichere Fortbewegung von A nach B), Vehicle-Szenarien beschreiben wie sich das Automobil in seiner Umwelt verhalten soll und wie es auf Aktionen der Umwelt reagiert. Vehicle-Anforderungen beschreiben Bedingungen die das Automobil bei der Erfüllung der Ziele und Szenarien zu erfüllen hat, z.B. Gesetze zur Geschwindigkeitsbegrenzung auf 250km/h in der EU.
- *Anforderungsartefakte auf System Level*: System-Ziele beschreiben was mit dem betrachteten System erreicht werden soll, System-Szenarien setzen diese Ziele in den

Realwelt-Kontext und beschreiben wie Teil-Systeme miteinander interagieren und auf welche Aktionen das System reagiert. System-Anforderungen beschreiben Bedingungen die das System bei der Erfüllung der Ziele und Szenarien zu erfüllen hat. Zusätzlich sind gegebene Anforderungsartefakte des Vehicle Levels zu beachten.

- *Anforderungsartefakte auf Function Level:* Function-Ziele beschreiben was durch eine Funktionalität erreicht werden soll, Function-Szenarien beschreiben die Funktionalität die durch die Funktionen unterstützt werden soll als „black-box“ Szenarien bzw. textuelle Use Cases. Function-Anforderungen beschreiben Constraints, Qualitäts-, Daten- und funktionale Anforderungen bezüglich der betrachteten Funktionalität (z.B. Navigationssystem: „Fehlerbehandlung falscher Ortseingaben durch Auswahlliste“).
- *Anforderungsartefakte auf Process Level:* Process-Ziele beschreiben was durch das Vorgehen erreicht werden soll (z.B. „aktuelle Positionsinformationen für Navigationssystem“). Process-Szenarien beschreiben das systeminterne Vorgehen zur Durchführung bestimmter Abläufe durch Systemzustände und Aktionen (z.B. „kontinuierliche Abfrage der Standortinformationen über GPS“). Process-Anforderungen beschreiben Bedingungen an das Vorgehen, z.B. „Abfrage der GPS-Daten alle 3 sec.“.

Ziele	Szenarien	Anforderungen
		<p>Req. for the Vehicle Quality Requirements Environmental Constraints HW Constraints ...</p>
		<p>Req. for the System(s) Quality Requirements Environmental Constraints Legacy Constraints HW Constraints ...</p>
		<p>Req. conc. the Functionality Quality Requirements Environmental Constraints Functional Requirements ...</p>
		<p>Req. conc. the Proceeding Quality Requirements ...</p>

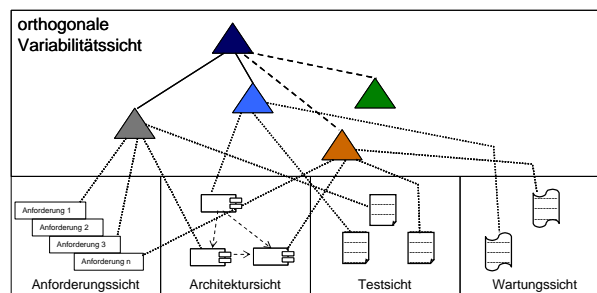
**Abbildung 1: Ziele, Szenarien und Anforderungen auf unterschiedlichen Abstraktionsstufen**

### 3 Wiederverwendung von Anforderungsartefakten

Zur Wiederverwendung von Anforderungsartefakten für neue Baureihen ist eine gezielte Entwicklung von Varianten erforderlich, sodass Softwareartefakte konform zum Plattformenkonzept in der Automobilindustrie gezielt wieder verwendet werden können.

**Explizite Repräsentation von Variabilität:** Eine Grundvoraussetzung für die Wiederverwendung von Anforderungen ist die explizite Dokumentation/Repräsentation von Variabilität, d.h. die Beschreibung von Variationspunkten (Auswahlpunkten), Varianten (zur Auswahl stehende Artefakte) und deren Abhängigkeiten [BKP04].

**Ansätze zur Repräsentation von Variabilität:** Derzeitige Ansätze beschreiben Erweiterungen bestehender Modelle zur Dokumentation von Variabilität als integralen Bestandteil (vgl. [ML02], [JM02]). Diese Art der Erweiterungen führt zu den folgenden Problemen: (1) Modelle werden zunehmend unübersichtlich und schwer änderbar; (2) Zusammenhänge zwischen den jeweiligen Varianten und Variationspunkten unterschiedlicher Modelle gehen verloren; (3) die Auswirkung einer Variante auf andere Anforderungsartefakte ist schwer nachvollziehbar; (4) eine phasenübergreifende Darstellung der Variabilität über Entwicklungsphasen hinweg wird nicht unterstützt. Bachmann et al. [BGLP03] beschreiben die Variabilität einer Software-Produktfamilie als zentrales Konzept und führen ein orthogonales Variabilitätsmodell ein, welches die Darstellung der Abhängigkeiten von Variabilität in (1) unterschiedlichen Modellen und (2) über Entwicklungsphasen hinweg erlaubt [BHP04] (siehe Abbildung 2).



**Abbildung 2: Variabilität in unterschiedlichen Entwicklungsphasen**

**Variabilität in Zielen, Szenarien und Anforderungen:** Zur Dokumentation von Variabilität in Zielen, Szenarien und Anforderungen nutzen wir das von [BGLP03] vorgestellte orthogonale Variabilitätsmodell (siehe Abbildung 3). In der Variabilitätssicht modellieren wir die Variabilität der Anforderungsartefakte auf allen Abstraktionsstufen in einem zentralen Modell. Alle Anforderungsartefakte die eine Variante bilden werden zusammenhängend dargestellt, d.h. eine Variante wird durch Ziele, Szenarien und Anforderungen auf unterschiedlichen Abstraktionsstufen repräsentiert. Variabilität, die auf einer Ebene definiert wird, hat Einfluss auf alle nachfolgenden Ebenen, z.B. beeinflusst die Vehicle-Variante 'EU' die mögliche Auswahl von Varianten auf System-, Funktions- oder Prozessebene. Die Beschreibung von Variabilität durch das orthogonale Variabilitätsmodell erlaubt eine mehrstufige Wiederverwendung von: (1) Automobilvarianten (z.B. alle Anforderungsartefakte für ein europäisches Automobil); (2) Systemvarianten (z.B. alle Artefakte für das High-End Audiosystem); (3) Funktionsvarianten (z.B. alle Artefakte für die Steuerung der Audiofunktion am Lenkrad). (4) Prozessvarianten (z.B. alle Artefakte für die systeminterne Realisierung der Lautstärkeregelung).

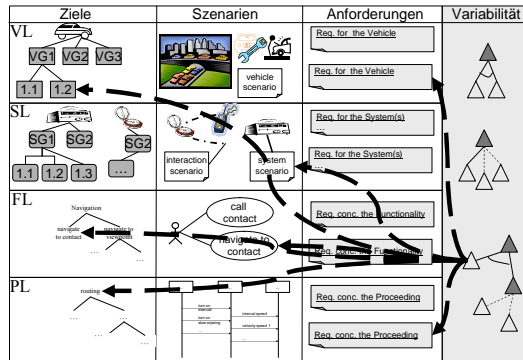


Abbildung 3: Variabilität in unterschiedlichen Anforderungsartefakten

## 4 Zusammenfassung

Die orthogonale Beschreibung von Variabilität in Zielen, Szenarien und Anforderungen ermöglicht eine mehrstufige Wiederverwendung von Anforderungsartefakten auf unterschiedlichen Abstraktionsstufen. Darüber hinaus können unterschiedliche Sichten auf Anforderungsartefakte auf Basis der definierten Variabilität erzeugt werden, z.B. Vergleich von Fahrzeugvarianten für verschiedene Länder (siehe auch [BLPW04]).

## Literaturverzeichnis

- [BGLP03] F. Bachmann, M. Goedicke, J. Leite, K. Pohl, B. Ramesh and A. Vilbig, Managing Variability in Product Family Development, In: Proceedings of 5th Intl. Workshop on Product Family Engineering (PFE-5), Siena, Italy (November 2003), Springer
- [BLPW04] S. Bühne, K. Lauenroth, K. Pohl and M. Weber, Modelling Features for Multi-Criteria Product-Lines in Automotive Industry. Workshop on Software Engineering for Automotive Systems (SEAS), co-located at ICSE 2004, Edinburgh
- [BHP04] S. Bühne, G. Halmans and K. Pohl, "Anforderungsorientierte Variabilitätsmodellierung für Software-Produktfamilien" in Proceedings Modellierung 2004, GI-Edition Lecture Notes in Informatics, Ed. Marburg, 2004
- [BKP04] Günter Böckle, Peter Knauber, Klaus Pohl, Klaus Schmidt: Software-Produktlinien; dpunkt.verlag, 2004
- [Gr03] K. Grimm: "Software Technology in an Automotive Company – Major Challenges", in Proceedings of the 25th International Conference on Software Engineering, May 3-10, 2003, Portland, Oregon, USA: IEEE Computer Society, 2003
- [JM02] I. John and D. Muthig, "Tailoring Use Cases for Product Line Modeling," in Proceedings of the International Workshop on Requirements Engineering for Product Lines 2002 (REPL'02), 2002
- [ML02] T. von der Maßen and H. Lichter, "Modeling Variability by UML Use Case Diagrams," in Proceedings of the International Workshop on Requirements Engineering for Product Lines (REPL 02), 2002
- [WW03] M. Weber, J. Weisbrod: Requirements Engineering in Automotive Development: Experiences and Challenges; IEEE Software January/February 2003