

# Anforderungen auf Kundenfunktionsebene in der Automobilindustrie

Christian Allmann

Softwareentwicklung  
Audi Electronics Venture  
Sachsstrasse 18  
Gaimersheim 85080  
christian.allmann@audi.de

**Abstract:** Die Einführung von Abstraktionsebenen hilft, Komplexität zu beherrschen. Für den Automobilhersteller liegt die Herausforderung darin, etablierte Ebenenkonzepte der Bauteilentwicklung um Funktionsinhalte zu erweitern. Die Festlegung jeder Ebene muss dabei primär an den assoziierten Stakeholdern ausgerichtet werden. Das hier vorgestellte Ebenenkonzept ist das Ergebnis einer Evaluierung existierender Konzepte, welches um Elemente der Praxis ergänzt wurde. Im Fokus liegt hierbei die Einbettung von kundenerlebbar Funktionen in das Ebenenmodell.

## 1 Einleitung

Die Automobilindustrie hat in den letzten Jahren verstärkt neue Systeme und Funktionen ins Fahrzeug integriert, die dem Autofahrer neben einer erhöhten Sicherheit (u.a. ESP, ACC, automatischer Einparkassistent) auch ein verbessertes Komfortgefühl (iPod, Navigation, MMI) bieten. Hierbei ist neben dem Bauteileumfang insbesondere der Funktionsumfang gestiegen. Die Herausforderung, die sich Hersteller wie Zulieferer stellen, ist die Beherrschung des schnellen Anstiegs an Funktions- wie Bauteilumfängen, insbesondere der dazugehörigen Spezifikationen. Im Fokus der Hersteller liegt hierbei die kombinierte Beschreibung von Software- und Hardwareanforderungen auf Lastenheftebene. Das Lastenheft bildet die Grundlage der Angebotsanfrage und dient zugleich als Basis für die vom Hersteller durchgeführten Bauteiltests.

Die Wiederverwendung dieser Beschreibung über verschiedene Fahrzeugmodelle in all ihren Varianten und Versionen ist bis heute Arbeitsgegenstand [NH03, NH04]. Die Herausforderungen sind hierbei vielfältig. Eine effiziente Wiederverwendung erfordert die Trennung von bauteilspezifischen Beschreibungen, wie verwendete Schalter oder Bussignalspezifikationen von allgemeinen technischen Funktionsbeschreibungen. Die hierzu notwendige Methodik wird bereits zum Teil durch Tools auf dem Markt

unterstützt. Für das weitere Verständnis ist es wichtig, dass die automobilen Welt immer noch zentral durch Bauteile und die dazugehörigen Dokumente wie Lasten- und Pflichtenhefte geprägt ist [WW03]. Diese Denkweise spiegelt sich zugleich in den Strukturen einer Organisation, sowie in den ablaufenden Prozessen wieder. Die existierenden Prozesse insbesondere im Anforderungsmanagement haben sich in den letzten Jahren stark an dieser dokumenten- und bauteilorientierten Sicht der Entwicklung orientiert. Die funktionsorientierte Entwicklung, die einen Aufbruch der verschiedenen Sichten und Abstraktionen mit sich bringen würde, hat im Hinblick auf die erwartete Funktionskomplexität viele Vorteile. Ein drastischer Wechsel von einer rein bauteilorientierten Entwicklung zu einer funktionsorientierten Entwicklung lässt sich für viele Firmen nur sukzessiv vollziehen.

Diese Arbeit stellt einen in der Praxis erprobten Ansatz zur Integration einer funktionsorientierten Entwicklung im Anforderungsmanagement dar, basierend auf einem Abstraktionsebenenmodell. Dieses Abstraktionsmodell verbindet dabei bestehende Ansätze aus der Literatur und fügt notwendige Erweiterungen aus Sicht des OEMs hinzu. Hierzu werden in Kapitel 2 die Grundlagen erklärt, sowie die Notwendigkeit existierende Ebenenmodelle zu erweitern. Die Verbindung von Kunden erlebbaren Funktionen und technischen Funktionen wird im Folgenden in Kapitel 3 herausgearbeitet. Abschließend werden die erforderlichen organisatorischen Rahmenbedingungen, sowie abgeleitete Anforderungen an die Toolkette auf Basis der Kundenfunktionsebene erklärt.

## **2 Ebenen der Entwicklung**

Die Fahrzeugentwicklung als Top-Down-Ansatz verfolgt das Ziel die Komplexität des Systems Fahrzeug durch gezielte Partitionierung in thematisch zusammengehörige Gruppen (z.B. Antrieb, Fahrwerk, Elektronik, Karosserie) zu beherrschen [SZ03]. Je nach Clustering sehen wir im Folgenden das komplette elektronische Fahrzeugnetz als System, welches aus Subsystemen (z.B. Steuergeräte, Sensoren, Aktuatoren, Busse) besteht. Für die weitere Betrachtung orientieren wir uns am Subsystem Steuergerät. Für jedes Steuergerät wird ein Bauteillastenheft erstellt, welches die Spezifikation an die verbaute Hardware, sowie Software beinhaltet. Im Sinne der Partitionierung bzw. Abstraktion können Hardware und Software weiter thematisch unterteilt werden, so kann Software z.B. in Standard-, Applikations- und Diagnosesoftware untergliedert werden. Der strikte Bezug zum Bauteil und der damit verbundenen Erstellung eines Lastenheftes zeigt die klare Konzentrierung der Entwicklung auf die im Fahrzeug verbaubaren Komponenten. Der OEM sieht sich hierbei in der Verantwortung die Lastenhefte so genau wie möglich bis „auf das letzte Bit“ [Ho3] zu spezifizieren, damit die vom Zulieferer entwickelte Komponente als Bauteil in das Gesamtsystem Fahrzeug integriert werden kann. Auf Grund der Genauigkeit der Spezifikation insbesondere der Schnittstellen (elektronisch und mechanisch) ist die Erstellung und Wartung dieser Dokumente eine wichtige und oftmals mühsame Aufgabe. Je nach Organisationsstruktur und Entwicklungsprozess werden parallel für verschiedene Fahrzeugmodelle Lastenhefte für das thematisch gleiche Bauteil entwickelt. Betrachtet man nun noch die einzelnen

Varianten eines solchen Bauteils, so ist verständlich, dass die Hauptaufgabe eines Requirement Engineering Prozesses in der Automobilindustrie das Lösen der Komplexität auf dieser Ebene mit Hilfe von Methoden und insbesondere Tools (u.a. DOORS) ist. Die Komplexität, die es dabei zu beherrschen gilt, entsteht dabei durch das Zusammenspiel mehrerer Faktoren, wobei ein wesentlicher Aspekt die stetige Zunahme an Funktionsumfängen ist.

In der Literatur findet man verschiedene Konzepte, die Anforderungen an die Systeme im Automobil auf verschiedene Abstraktionsebenen abzubilden [Ho03, Fl05, BLP04]. Die Schwierigkeit, ein Ebenenmodell, welches für Hersteller wie Zulieferer zutreffend ist, zu entwickeln, entsteht durch die jeweilige organisatorische Struktur. Die Anwendbarkeit der Abstraktionsebenen hängt im Wesentlichen davon ab, ob sich die Organisationsstrukturen in diesen Ebenen wieder finden. Damit soll nicht die Notwendigkeit von Abstraktion in Frage gestellt werden, im Gegenteil, jedoch ist für eine erfolgreiche Arbeit mit diesen Modellen auch eine kontinuierliche und insbesondere abgestimmte Arbeit mit den jeweiligen Zuständigkeiten eines Unternehmens erforderlich. Dies besagt, dass es nicht ausreicht, wenn Unternehmen sich an diese Abstraktionsebenen halten und sie mit Inhalt füllen, sondern ein kontinuierlicher Austausch in einem zu definierenden Änderungsprozess für die Anforderungen erforderlich ist. Abstraktionsebenen für Anforderungen machen aus unserer Sicht nur dann Sinn, wenn sie sich auf unternehmerische Art und Weise abbilden lassen.

Für viele Unternehmen ist das Arbeiten mit solchen Ebenenmodellen Alltag. Die Schwierigkeit besteht nun darin, diese Ebenenmodelle anzupassen. Zur Verdeutlichung: Die Ebene Business Anforderungen beinhaltet Anforderungen des OEMs an die Eigenschaften eines jeden Fahrzeugmodells bzw. verallgemeinert ausgedrückt, an die Ausrichtung der Modellpalette. Die Anforderungen auf dieser Ebene sind in der Regel granular spezifiziert. So könnte man das Markenleitbild z.B. Sportlichkeit, Progressivität, Qualität als Anforderungsmaster verstehen, die in abgeleiteten Businessanforderungen, wie innovative Lichtkonzepte, münden. Die Spezifizierung dieser Produkteigenschaften (nichtfunktionalen Anforderungen) kann eindeutig Rollen bzw. Organisationseinheiten (u.a. Marketing) innerhalb des Unternehmens zugewiesen werden. Diese Ebene muss für eine Funktionsentwicklung nicht angepasst werden, da sie bereits Informationen beinhaltet, die unabhängig von der Software- bzw. Funktionsentwicklung sind. Vergleicht man die Ebenenmodelle in der Literatur, so ist man sich über die Art der Informationen auf dieser Ebene oftmals einig [Fl05, BLP04, Ri05]. Die Abweichungen in den Modellen sind bereits bei der Namensgebung auf den nächsten Ebenen auffällig. So werden bei Böhme die Anforderungen auf „System Level“ und bei Fleischmann auf „User Requirement“ Ebene spezifiziert. Hier entstehen unterschiedliche Sichten auf Anforderungen des Fahrzeuges. Das Problem dieser Sichten ist auch das Problem der Etablierung von Abstraktionsebenen in einem Unternehmen. Es geht hierbei um die Vergabe von Verantwortungen und damit um den Entscheidungsprozess, wann was entwickelt wird.

Aus den genannten Gesichtspunkten lassen sich zwei als bekannte und für den Automobilhersteller bereits etablierte Ebenen herausstellen: Die Toplevel Ebene der Business Anforderungen und die Bauteilebene und den daraus abgeleiteten Lastenheften

(siehe Abbildung 1). Aus unserer Sicht stellt sich die Frage, in wie fern die funktionsorientierte Sicht und Entwicklung eine Überbrückung der beiden Ebenen „Business Requirements“ und „Bauteil Anforderungen“ fordert bzw. ob dies bereits durch die existierenden Ebenen abgedeckt wird.

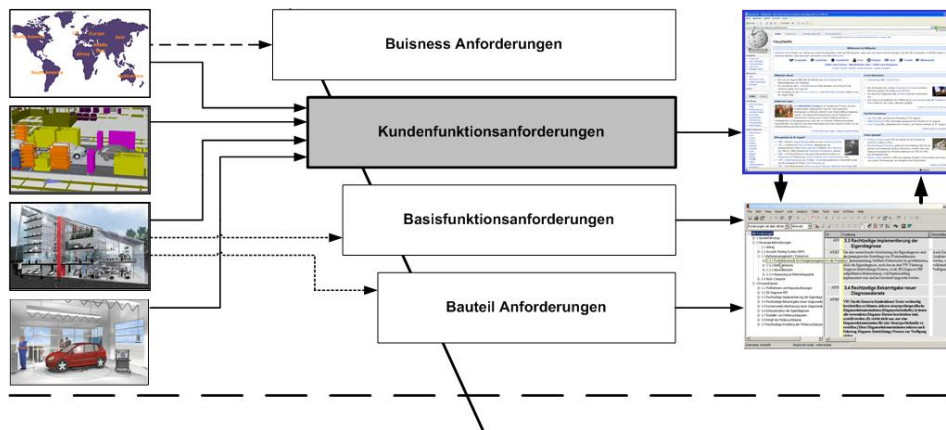


Abbildung 1: Zusammenspiel der Stakeholder, Ebenen und Tools

Zu Beginn gehen wir davon aus, dass (mindestens) eine Ebene zwischen den beiden Besagten liegen muss, die wir vorläufig als Funktionsebene bezeichnen. Ziel der Etablierung von Ebenen ist es den jeweiligen Stakeholdern (-gruppen) im Unternehmen Informationen der Entwicklung zur Verfügung zu stellen, die sie bei ihrer Arbeit unterstützen. Die Aufbereitung dieser Informationen erfordert eine Abstraktion von den spezifischen Anforderungen auf Bauteilebene (Komplexitätsbewältigung).

Zur Lösung der Ebenenfrage orientieren wir uns an der bauteilorientierten Entwicklung. Auch hier erfolgen die Entwicklung und der Entscheidungsprozess auf Basis unterschiedlicher Bauteilabstraktionen. Das verbindende Element zwischen diesen Ebenen ist eine Bauteilliste. Der Umfang der gelisteten Bauteile ist hierbei von unterschiedlicher Granularität. So ist die alleinige Angabe des Bauteils Motor zu allgemein, als dass Entwickler mit dieser Beschreibung eine Entwicklung starten könnten. Weitere Hierarchielevels in der Bauteilliste sind notwendig (für den Motor z.B. Kurbelgehäuse, Zylinderkopf und Ölwanne). Es soll hierbei nicht diskutiert werden bis zu welcher Detaillierungsebene eine solche Bauteilliste Sinn macht. In der Regel ist die Struktur einer solchen Liste über die Jahre gewachsen und beinhaltet die Erfahrungen aus vorangegangenen Projekten. Um den Übergang von der bauteilorientierten Entwicklung zur funktionsorientierten Entwicklung zu schaffen, ist es aus unserer Sicht wichtig, die Funktionsebenen an denen der Bauteilebene anzulehnen. Dies bedeutet nicht, dass die Funktion dem Bauteil untergeordnet ist, sondern dass die Funktion thematisch gleich dem Bauteil gegenübergestellt wird.

Durch die Eingruppierung der Funktionen in die Bauteilliste ergibt sich eine sinnvolle Strukturierung und Hierarchisierung von Funktionen. Zum eindeutigen Verständnis über die Inhalte müssen Benennungen für Funktionen gefunden werden, die eineindeutig für

alle relevanten Stakeholder (u.a. Entwickler/Fachexperten, Marketing) sind. Diese Funktionen fassen wir in der Kundenfunktionsebene zusammen. In dieser Ebene sind alle Funktionen zusammengefasst, die vom Kunden wahrgenommen werden können. Analog zur Bauteilbeschreibung, bei der ein Kunde den Motor, sowie seine Bestandteile wie Kurbelgehäuse oder Zylinder wahrnehmen kann, gibt es übergeordnete Kundenfunktionen wie das ACC (Adaptive Cruise Control), als auch untergeordnete Kundenfunktionen wie Geschwindigkeits- oder Abstandsregelung. Die Zuständigkeiten können hierbei – vereinfacht - aus der Bauteilentwicklung abgeleitet werden. Die Bauteilliste wie die Kundenfunktionsliste kann als Basisdokument bei der Entwicklung neuer Fahrzeuge genutzt, um u.a. zu klären welche (elektrischen) Funktionen das Fahrzeug besitzen soll. Zudem erlaubt die Liste eine Diskussionsgrundlage mit Nicht-Technikexperten (u.a. Marketing), ohne dabei den Zusammenhang mit der Umsetzung und Anbindung im Fahrzeug zu verlieren.

Eine alleinige Kundenfunktionsebene als Übergang zwischen „Business Requirements“ und Bauteilebene würde bei der Funktionsebene keinen Sinn machen. Im Gegensatz zur Bauteilentwicklung erlaubt die funktionsorientierte Entwicklung Sichten auf Funktionen, die über einzelne wahrnehmbare Funktionen hinausgehen. Dies bedeutet, kundenerlebbare Funktionen (z.B. Einstellung der Wunschgeschwindigkeit) können im Weiteren in technische Funktionen (z.B. Berechnung des Abstandes zum vorausfahrenden Fahrzeug) verfeinert werden, die für sich genommen implementiert und auf Steuergeräten integriert werden können, ohne dabei bauteilspezifische Details, wie Adressraum oder Bussignale zu beinhalten. Diese Basisfunktionen bilden den Abschluss der für uns sinnvollen Detaillierung von Funktionen und werden daher als atomare Einheiten betrachtet. Die Notwendigkeit dieser Ebene ist im Wesentlichen durch die Wiederverwendung von Basisfunktionen über verschiedene Fahrzeugmodelle zu erklären und deckt sich mit den Arbeiten von Houdeck [Kn02, NH03, NH04]. Die aus den Kundenfunktionen abgeleiteten Basisfunktionen mit ihren logischen Signalen und Schnittstellen stellen für uns ein funktionales Netz aller im Fahrzeug zu verbauenden Funktionen dar.

Zusammengefasst besteht unser Ebenenmodell aus vier aufeinander aufbauenden Abstraktionsebenen, welches so noch nicht vollständig ist. Insbesondere der Übergang von der Basisfunktionsebene zur Bauteilebene erfordert die Aufbereitung und Bereitstellung von Architekturwissen (u.a. Vernetzungstopologie). Dies ist gleichbedeutend mit der Festlegung der Bordnetzarchitektur, sowie der Verteilung der Basisfunktionen auf Steuergeräte. Im Gegensatz zu den bereits existierenden Ebenenmodellen sehen wir die Bereitstellung an Anforderung an die Architektur als parallele Ebene zu den genannten Funktionsebenen, die sich aus den Business Anforderungen (z.B. Business Anforderung: Sicherheit – System Anforderung: zeitgesteuerte Architektur) ableitet und in der Bauteilanforderungen endet. Der Grund liegt vor allem darin, dass Architekturen anderen Entwicklungszyklen als Funktionen unterliegen. Somit erlaubt uns das Modell eine parallele Sicht auf die Entwicklung von physikalischer und funktionaler Architektur.

### **3 Kundenfunktionsebene**

Die Beschreibung und Bereitstellung der Kundenfunktionen für die potentiell große Anzahl an Stakeholdern, sowie die Verlinkung zu den Basisfunktionen und zu den daraus abzuleitenden Dokumenten, stellt eine Herausforderung an die Methodik dar. Wie in Abbildung 1 zu erkennen, profitieren Stakeholder aus unterschiedlichen Bereichen (u.a. Markt, Vertrieb, Produktion, Entwicklung und Kundenservice) von der Beschreibung der Kundenfunktionen. Generell liegt das Interesse der Stakeholder an dem Nutzen einer Kundenfunktion aus Sicht des Kunden, welche Ausprägungen diese Kundenfunktionen in ihren Varianten, meist abhängig vom jeweiligen Fahrzeugmodell, besitzt, und wie sich die Kundenfunktionen weiterentwickelt haben. Auf Grund der verschiedenen Domänen der Stakeholder können spezielle Anforderungen an Kundenfunktionen entstehen, die so vom Funktionsexperten nicht gesehen wurden (u.a. spezielle Anforderungen für die Produktion). Abhängig von der Domäne sind entweder nur in Serie befindliche Kundenfunktionen (u.a. Kundenservice) interessant oder nur solche, die für zukünftige Fahrzeuge geplant sind (u.a. Vorentwicklung). Des Weiteren ist die Art der Darstellung wichtig, das bedeutet, dass wiederum abhängig von der Domäne die Informationen über eine Kundenfunktionen in Verbindung mit Fahrzeugmodellen (u.a. Markt) oder in Verbindung mit den zugehörigen Bauteilen (u.a. Entwicklung) dargestellt werden müssen. Dieser Ausschnitt an Nutzern der Kundenfunktionsebene offenbart unterschiedliche Interessenslagen an dieser Ebene und damit unterschiedliche Anforderungen an die darzustellenden Inhalte.

Anforderungen an die Kundenfunktion, also ein vom Nutzer beobachtbares, gewünschtes Verhalten, sind aus Sicht eines Stakeholder ggf. vollständig, in der Summe aller relevanten Nutzer jedoch unvollständig beschrieben. Daher ist gerade in der Abstimmungsphase bzw. der Diskussion über neue Kundenfunktionen wichtig, alle relevanten Stakeholder in die Spezifikation einer solchen Kundenfunktion zu involvieren. Die Schwierigkeit liegt darin, alle notwendigen Informationen zu erhalten [Ho3]. Um die Zeit der Abstimmung und der notwendigen Interviews zu verkürzen, ist es aus unsere Ansicht notwendig auf dieser Ebene eine Kommunikationsplattform, in Anlehnung an Wikipedia, zu etablieren, auf der jeder Stakeholder seine Anforderungen notieren kann.

## 4 Zusammenfassung und Ausblick

Die funktionsorientierte Entwicklung kann nach unserer Ansicht nicht durch einen harten Paradigmenwechsel eingeleitet werden, sondern erfolgt schrittweise in Verbindung mit der bauteilorientierten Entwicklung. Auf Basis existierender Abstraktionsebenen aus Bauteilsicht wurden äquivalente Abstraktionsebenen für Funktionen aufgebaut. Die Verbindung der Bauteil- und Funktionsentwicklung erlaubt es aus unserer Sicht erst, eine kostengünstige Einführung der Funktionsentwicklung ohne die organisatorische Struktur eines Unternehmens vollständig umzustellen. Die Notwendigkeit der Beschreibung von Kundenfunktionen mit Hilfe einer Kommunikationsplattform zur Anbindung des breiten Spektrums an Stakeholdern wurde hierbei motiviert.

## Literaturverzeichnis

- [BLP04] Bühne, S.; Lauenroth, K.; Pohl, K.: Anforderungsmanagement in der Automobilindustrie: Variabilität in Zielen, Szenarien und Anforderungen. GI Jahrestagung (2) 2004; S. 23-27
- [Fl05] Fleischmann, A.; Hartmann, J.; Pfaller, C.; Rappl M.; Rittmann S.; Wild, D.: Concretization and Formalization of Requirements for Automotive Embedded Software Systems Development. In: K. Cox, J.L. Cybulski et.al (Hrsg.): The Tenth Australian Workshop on Requirements Engineering (AWRE). Proceedings. Deakin University, Melbourne, Australia, 2005; S. 60-65.
- [Ho03] Houdek, F.: Requirements Engineering Erfahrungen in Projekten der Automobilindustrie. Softwaretechnik-Trends 23(1), 2003.
- [Kn02] von Kneten, A.; Paech, B.; Kiedaisch, F.; Houdek, F.: Systematic Requirements Recycling through Abstraction and Traceability. RE 2002; S. 273-281.
- [NH03] Heumesser, N.; Houdek F.: Towards Systematic Recycling of Systems Requirements. ICSE 2003; S. 512-519.
- [NH04] Heumesser, N., Houdek, F.: Experiences in Managing an Automotive Requirements Engineering Process. RE 2004; S. 322-327.
- [Ri05] Rittmann, S.; Fleischmann A.; Hartmann, J.; Pfaller, C.; Rappl, M.; Wild, D.: Integrating Service Specifications on Different Levels of Abstraction. In: Proceedings of the IEEE International Workshop on Service-Oriented System Engineering (SOSE), Oktober 2005; S. 63-70.
- [SZ03] Schäuffele, J.; Zurawka, T.: Automotive Software Engineering, Vieweg Verlag, 2003.
- [WW03] Weber, M.; Weisbrod, J.: Requirements Engineering in Automotive Development: Experience and Challenges, IEEE Software, 2003, S. 16-24.