

Ein funktionales Domänenmodell Fahrerassistenz

Bastian Best, Dr. Olaf Müller, Dr. Herbert Negele

BMW Group, 80788 München
Bastian.Best@bmw.de
Olaf.ML.Mueller@bmw.de
Herbert.Negele@bmw.de

Abstract: Durch die Vielzahl der Fahrerassistenzsysteme, die in kommenden Fahrzeuggenerationen eingeführt werden, entstehen auf logisch-funktionaler Ebene vielfältige Wechselwirkungen, die im Sinne eines stimmigen Gesamtsystems Fahrerassistenz frühzeitig in der Entwicklung betrachtet werden müssen. Hierzu ist eine durchgängige Entwicklung notwendig, die die Nachhaltung der Anforderungen über die funktionale Lösungsgestaltung bis hin zur technischen Realisierung ermöglicht. Desweiteren ist eine möglichst frühzeitige Absicherung und Validierung der Funktionen in ihrem Zusammenspiel nötig. Zu diesem Zweck wird bei der BMW Group im Rahmen einer Dissertation eine modellbasierte Entwicklungsmethode für die logisch-funktionale Ebene des Gesamtsystems Fahrerassistenz entwickelt, das diese Aspekte adressiert. Der Beitrag beschreibt die methodischen Grundlagen dieses laufenden Forschungsvorhabens, Implikationen für die Werkzeugunterstützung z.B. durch SysML-Werkzeuge, sowie erste Praxiserfahrungen mit dem gewählten Ansatz.

1 Einleitung

Unter Fahrerassistenzsystemen (FAS) verstehen wir diejenigen elektronischen Funktionen im Fahrzeug, die den Fahrer bei seiner Fahraufgabe unterstützen, indem sie ihn entlasten bzw. seine Kompetenz erweitern und somit zur Steigerung der Verkehrssicherheit, des Fahrkomforts und letztlich der Fahrfreude beitragen. Ein FAS kann als virtueller Copilot begriffen werden, der je nach Ausprägung informierend, warnend, empfehlend oder agierend wirken kann.

Während die FAS heute zunächst relativ isoliert voneinander als Einzelfunktionen entwickelt werden, bestehen teilweise erhebliche logische Abhängigkeiten zwischen ihnen. Um ein stimmiges Gesamtsystem Fahrerassistenz gewährleisten zu können, müssen diese Abhängigkeiten frühzeitig erkannt und unerwünschte Wechselwirkungen ausgeschlossen bzw. positive Synergien erschlossen werden. In der Automobilentwicklung sind zwar heute bereits modellbasierte Entwicklungsansätze auf Komponentenebene etabliert (z.B. mit Matlab/Simulink und ASCET), allerdings fehlt auf Teilsystem- und Systemebene bislang ein ganzheitlicher modellbasierter Top-Down-Ansatz. Vor diesem Hintergrund ist die Zielsetzung der Arbeit eine Entwicklungsmethodik für Fahrerassistenz, die den Entwicklungsprozess mit Hilfe modellbasierter Techniken unterstützt. Der Fokus erstreckt sich hierbei zunächst auf den gesamten Entwicklungsprozess vom Anforderungsmanage-

ment über einen funktional-logischen Entwurf bis hin zur Entwicklung der technischen Lösung und deren Absicherung. Während auf Komponentenebene heute bereits mit Modellen gearbeitet wird, fehlen bislang meist standardisierte Beschreibungstechniken für die funktional-logische Ebene des Systementwurfs, die die Brücke zum Anforderungsmanagement schlagen. Hierzu leistet die Arbeit einen Beitrag, indem geeignete modellbasierte Beschreibungstechniken für diese funktionale Ebene definiert werden und, basierend auf diesen Techniken, ein baureihenübergreifendes, funktionales Modell der logischen Fahrerassistenz-Gesamtarchitektur (FAS-Domänenmodell) entwickelt wird.

Verwandte Arbeiten Auf dem Gebiet der Entwicklung automotiver Software gibt es bereits zahlreiche Arbeiten, die den Einsatz modellbasierter Techniken forcieren (vgl. z.B. [vdBBRS02, MHH⁺03, TEH⁺03, Soc04]). Diese adressieren jedoch hauptsächlich die Gesamtheit aller Elektrik-/Elektronik-Komponenten und hier meist deren technische Implementierung. Arbeiten, die auf die Modellierung der logisch-funktionalen Aspekte der Domäne Fahrerassistenz zielen, sind kaum auffindbar. Im Bereich der Fahrerassistenz-Forschung gibt es Arbeiten über Sensorik/Aktuatorik-Architekturen (vgl. z.B. [Naa04]), zudem existieren erste Ansätze, die die Wechselwirkungen zwischen Fahrer und Gesamtsystem aus ergonomischer Sicht untersuchen (vgl. z.B. [WZB05]), jedoch wird auch hier der funktionale Aspekt solcher Wechselwirkungen nur am Rande adressiert. Ferner entsteht in der Systems Engineering-Community zur Zeit eine Modellierungssprache, die auf die ganzheitliche Entwicklung komplexer technischer Systeme zielt. Die Systems Modeling Language (SysML) befindet sich derzeit in der Standardisierungsphase [Obj06], erste Anwendungen der Sprache finden sich z.B. in [TS05, VD05, VSB06].

2 Herausforderungen bei der Entwicklung zukünftiger Fahrerassistenzsysteme

Durch das FAS-Domänenmodell soll ein Beitrag zur Erreichung folgender Ziele geleistet werden:

Indem das FAS-Domänenmodell als Bindeglied zwischen den Anforderungen an das FAS-Gesamtsystem und den technischen Modellen der Einzelfunktionen dient, soll es die **Durchgängigkeit** zwischen diesen Ebenen verbessern. Desweiteren soll das FAS-Domänenmodell zu einer **effizienten Validierung des FAS-Gesamtsystems in realen Fahrversuchen** beitragen, indem eine Schnittstelle zu einer Rapid Prototyping-Umgebung entwickelt wird. Ferner ist die **Anwendbarkeit** der entwickelten Modellierungstechnik von zentraler Bedeutung, da das FAS-Domänenmodell von den entwickelnden Fachstellen als gemeinsame Spezifikationsprache verwendet werden soll.

Neben diesen für die gesamte Automotive-Domäne bestehenden Herausforderungen sollen mit Hilfe des Domänenmodells gewisse Fahrerassistenz-spezifische Fragestellungen früher als bisher, nämlich bereits auf Modellebene, analysiert werden können, insbesondere **Wechselwirkungen zwischen den Einzelfunktionen** (siehe Abschnitt 4).

Zusätzlich zum FAS-Domänenmodell soll eine **Methodik** definiert werden, die anleitet,

wie die in der Arbeit entwickelten Modellierungskonzepte methodisch anzuwenden sind. Eng damit verbunden ist eine Einbettung in die bestehenden **Entwicklungsprozesse**.

3 Ein funktionales Domänenmodell Fahrerassistenz

Das FAS-Domänenmodell gliedert sich im Wesentlichen in drei Teile (siehe Abbildung 1): Um das Ziel der Anwendbarkeit innerhalb der FAS-Community zu erreichen, wird eine domänenspezifische **Modellierungssprache** entwickelt, die die Spezifika der Domäne Fahrerassistenz in ihren Sprachkonstrukten abbildet. Dies wird erreicht, indem ein UML-Profil entwickelt wird, welches sich der Konstrukte der SysML bedient und diese geeignet erweitert, um die domänenspezifischen Aspekte fassen zu können. Die Sprache bedient sich hierbei der Standard-Erweiterungsmechanismen der UML 2 [Obj05, Kapitel 18: Profiles].

Die abstrakten Modelle der Fahrerassistenzfunktionen werden in einer **Modellbibliothek** zusammengefasst. Ein solches abstraktes Funktionsmodell umfasst strukturelle Aspekte wie die (logischen) Schnittstellen zur Umgebung, eine high-level-Verhaltensspezifikation, sowie die Anforderungen an die Funktion und ihre Use Cases. Die Modellbibliothek enthält ferner funktionsübergreifende Anforderungen und Use Cases, die das Zusammenwirken der Einzelfunktionen beschreiben.

Zum Zwecke der Analyse der Funktionen in ihrem Zusammenwirken können schließlich in **Analysemodellen** Simulationen des Zusammenspiels der Funktionen durchgeführt werden. Wir bedienen uns hier des Konzepts der Sichten auf ein Modell, d.h. ein Analysemodell stellt eine spezifische Sicht auf die Artefakte der Modellbibliothek dar.

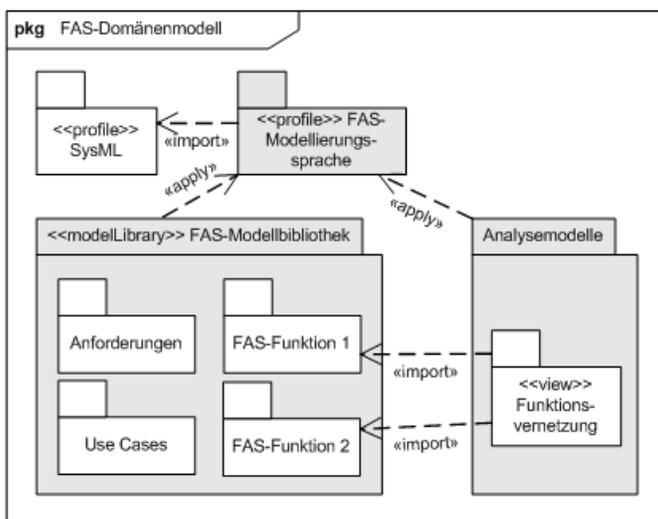


Abbildung 1: Basisarchitektur des FAS-Domänenmodells

4 Anwendung des Domänenmodells

Mit Hilfe des FAS-Domänenmodells sollen funktionale Wechselwirkungen zwischen Einzelfunktionen analysiert werden, die sich folgendermaßen kategorisieren lassen:

Bei **Wechselwirkungen der Funktionen mit dem Fahrer** muss die Richtung des Informationsflusses differenziert werden: *widersprüchliche Funktionsrückmeldungen* können durch eine entsprechende Modellierung im Domänenmodell identifiziert werden. Fragen bzgl. der *Erwartungskonformität bei der Bedienung* hingegen können aufgrund der Komplexität der Einflussfaktoren nur durch reale Fahrversuche untersucht werden. Auch hier leistet das FAS-Domänenmodell durch die Schnittstelle zur Rapid Prototyping-Umgebung einen Beitrag. **Wechselwirkungen der Funktionen mit der Umwelt**, bei denen aufgrund unterschiedlicher Umfeldinterpretation der Funktionen Inkonsistenzen auftreten können, stellen einen wichtigen Betrachtungsgegenstand der Arbeit dar. Neben diesen unerwünschten Wechselwirkungen gibt es zahlreiche Beispiele für **potentielle Funktionskopplungen**, d.h. erwünschte Wechselwirkungen, welche ebenfalls im FAS-Domänenmodell betrachtet werden.

Die Konzepte des FAS-Domänenmodells wurden anhand einer ersten Fallstudie validiert, um die Tragfähigkeit des entwickelten Ansatzes zu demonstrieren. Anhand einer beispielhaften Funktionsinteraktion der Kategorie *Wechselwirkung Funktionen–Umwelt* zwischen den Funktionen Spurwechselassistent und Navigationssystem wurden die Konzepte erprobt. Das Szenario sah folgendermaßen aus: Bei der Fahrt auf einer mehrspurigen Straße informiert das Navigationssystem über eine anstehende Rechtsabbiegung, leitet der Fahrer daraufhin den Spurwechsel ein, warnt der Spurwechselassistent vor einem Fremdfahrzeug im toten Winkel.

Durch die Fallstudie wurde außerdem die Verknüpfung der abstrakten Modelle im FAS-Domänenmodell mit der Rapid Prototyping-Umgebung demonstriert, um das Szenario auch in einem realen Fahrversuch durchführen zu können. Ferner wurde die Verfeinerung der abstrakten Modelle auf ein Abstraktionsniveau, welches eine Verknüpfung mit den technischen Modellen der Einzelfunktionen ermöglicht, gezeigt.

5 Zusammenfassung und zukünftige Arbeiten

In diesem Beitrag wurde ein Konzept für ein Domänenmodell Fahrerassistenz präsentiert, mit dessen Hilfe funktionale Wechselwirkungen zwischen FAS bereits auf Modellebene identifiziert werden können. Das Konzept wurde anhand einer ersten Fallstudie demonstriert, in der ferner die Anbindung an eine Rapid Prototyping-Umgebung zum Erlebbarmachen der Funktionsinteraktionen im realen Fahrversuch, sowie die Verknüpfung mit technischen Modellen der Einzelfunktionen gezeigt wurde. Der gewählte Ansatz demonstriert außerdem die Tauglichkeit des modellbasierten Paradigmas unter Zuhilfenahme innovativer Modellierungskonzepte wie der SysML in einem aktuellen industriellen Kontext.

Nachfolgende Arbeiten am FAS-Domänenmodell umfassen die Weiterentwicklung der Modellierungssprache, sowie ihre Erprobung anhand einer umfangreicheren Fallstudie.

Die Anbindung an das Anforderungsmanagement wurde bisher noch nicht umgesetzt. Ferner wird ein Methodenhandbuch entwickelt, das der FAS-Community als Anleitung zum Einsatz der entwickelten Methode dienen soll.

Literatur

- [MHH⁺03] M. Mutz, M. Harms, M. Horstmann, M. Huhn, G. Bikker, C. Krömke, K. Lange, U. Goltz, E. Schnieder und J.-U. Varchmin. Ein durchgehender modellbasierter Entwicklungsprozess für elektronische Systeme im Automobil. In *Elektronik im Kraftfahrzeug, VDI-Berichte Nr. 1789*, Baden-Baden, September 2003.
- [Naa04] K. Naab. Sensorik- und Signalverarbeitungsarchitekturen für Fahrerassistenz und Aktive Sicherheit. In *Aktive Sicherheit durch Fahrerassistenzsysteme*, Garching bei München, 11.–12. März 2004.
- [Obj05] Object Management Group. *Unified Modeling Language: Superstructure*, August 2005. Version 2.0 formal/05-07-04.
- [Obj06] Object Management Group. *OMG Systems Modeling Language (OMG SysML) Specification*, Mai 2006. Final Adopted Specification ptc/06-05-04.
- [Soc04] Society of Automotive Engineers. *Architecture Analysis & Design Language (AADL)*, November 2004. Document No. AS5506.
- [TEH⁺03] T. Thurner, J. Eisenmann, M. Haneberg, S. Voget, R. Geiger und U. Virnich. The EAST-EEA project — a middleware based software architecture for networked electronic control units in vehicles. In *Electronic Systems for Vehicles, VDI-Berichte Nr. 1789*, Baden-Baden, September 2003.
- [TS05] S. Turki und T. Soriano. A SysML Extension for Bond Graphs Support. In *Proceedings of the International Conference on Technology and Automation (ICTA)*, Thessaloniki, Greece, 2005.
- [VD05] Y. Vanderperren und W. Dehaene. SysML and Systems Engineering Applied to UML-Based SoC Design. In *Proceedings of the 2nd UML-SoC Workshop at 42nd DAC*, Anaheim (CA), USA, 2005.
- [vdBBRS02] M. von der Beeck, P. Braun, M. Rappl und C. Schröder. Automotive Software Development: A Model Based Approach. In *World Congress of Automotive Engineers, SAE Technical Paper Series 2002-01-0875*, 2002.
- [VSBR06] A. Viehl, T. Schönwald, O. Bringmann und W. Rosenstiel. Formal Performance Analysis and Simulation of UML/SysML Models for ESL Design. In *Proceedings of the Conference on Design, Automation and Test in Europe (DATE)*, München, 2006.
- [WZB05] H. Wolf, R. Zöllner und H. Bubb. Ergonomische Aspekte der Mensch-Maschine-Interaktion bei gleichzeitig agierenden Fahrerassistenzsystemen. *Zeitschrift für Verkehrssicherheit*, 51(3):119–124, 2005.