

# Ein Richtlinienkatalog für die Erstellung von Simulink/Stateflow-Modellen im Automobilbereich

M. Mutz\*, M. Daginnus, P. Hofmann, T. Klein\*, H. Kleinwechter\*  
Volkswagen AG, EE/T, Brieffach 1681, 38346 Wolfsburg  
\*Carmaq GmbH, BT MbE, Carnotstr. 4, 10557 Berlin  
{martin.mutz/torsten.klein/henning.kleinwechter}@carmaq.com  
{peter-michael.hofmann/michael.daginnus}@volkswagen.de

**Abstract:** In diesem Beitrag werden Ergebnisse aus einem aktuellen Automotive-Projekt vorgestellt. Das Ziel des Projekts ist es, einen Richtlinienkatalog für die Erstellung von Modellen im Volkswagen Konzern und für dessen Zulieferer zu definieren. Dadurch sollen unter anderem Designfehler vermieden, die Modellqualität erhöht und die Zusammenarbeit mit verschiedenen Lieferanten verbessert werden.

## 1 Einleitung

Mit zunehmender Komplexität der Fahrzeugfunktionalität haben sich modellbasierte Methoden bei der Entwicklung von SW-Systemen etabliert und nehmen einen immer größeren Stellenwert ein. Um eine möglichst hohe Qualität der Modelle erreichen zu können, ist eine effektive methodische Vorgehensweise erforderlich, die wiederverwendbare Modellkomponenten in einer zentralen Bibliothek verwaltet. Eine Voraussetzung für die systematische Wiederverwendung ist die Sicherstellung von definierten Modelleigenschaften, die sowohl ein gemeinsames Verständnis der abgebildeten Inhalte ermöglichen, als auch eine technische Integration verschiedener Teilmodelle in ein Gesamtmodell gewährleisten sollen. Einen wichtigen Beitrag hierzu leisten Modellierungsrichtlinien [BR01].

In diesem Beitrag wird das Konzept für einen Modellierungsrichtlinienkatalog und dessen Umsetzung vorgestellt, wobei der Katalog in dem momentan laufenden Kooperationsprojekt zwischen der Volkswagen AG und der Carmaq GmbH definiert und erprobt wird. Dabei beziehen sich die entwickelten Regeln auf die Toolsuite MATLAB/Simulink/Stateflow (im Weiteren SL/SF), mit deren Hilfe sowohl zustandsbasierte als auch kontinuierliche Regelungs- und Steuerungssysteme für eingebettete Systeme modelliert und simuliert werden können.

Der Beitrag ist wie folgt gegliedert: Nach der Einleitung werden im zweiten Kapitel die Modelle klassifiziert und die Regeln kategorisiert. Kapitel 3 schließt mit aktuellen Projektergebnissen und Erfahrungen ab.

## 2 Modellierungsrichtlinien

Im Folgenden werden Modelle klassifiziert und die dazugehörigen Regeln erläutert.

### 2.1 Klassifikation der Modelle

Grundsätzlich können die hier betrachteten SL/SF Modelle in verschiedenen Entwicklungsphasen und mit unterschiedlichsten Zielen entworfen werden. Dementsprechend können die resultierenden Modelle in ihrer Ausprägung sehr verschieden sein und müssen unterschiedlichen Anforderungen genügen. So unterscheiden sich z.B. Modelle zur frühen Validation von Anforderungen auf Systemebene erheblich von Modellen, deren Ziel die Generierung von Seriensteuergerätecode ist. Letztere müssen teilweise sehr viel restriktiver modelliert werden. In Bezug auf die Einhaltung von Richtlinien ist es daher notwendig, eine Klassifikation von Modellen anhand definierter Kriterien vorzunehmen, die zum einen ein gemeinsames Verständnis für die „Art“ der zu erstellenden Modelle ermöglicht und zum anderen den Gültigkeitsbereich von Richtlinien definiert.

Als Basis dienen die vom MAAB veröffentlichten *controller style guidelines* [MAAB01] sowie verschiedene Volkswagen-interne Modellierungsregeln. Da sich der Richtlinienkatalog nicht ausschließlich auf die Erstellung von Steuer- oder Regelungsfunktionen beschränkt, wurden verschiedene Modelltypen identifiziert und definiert, die typischerweise in einem modellbasierten Entwicklungsprozess zum Einsatz kommen. Dabei werden Modelle in die Kategorien Funktions-, Strecken- und Testmodell unterteilt (vgl. Abbildung 2-1).

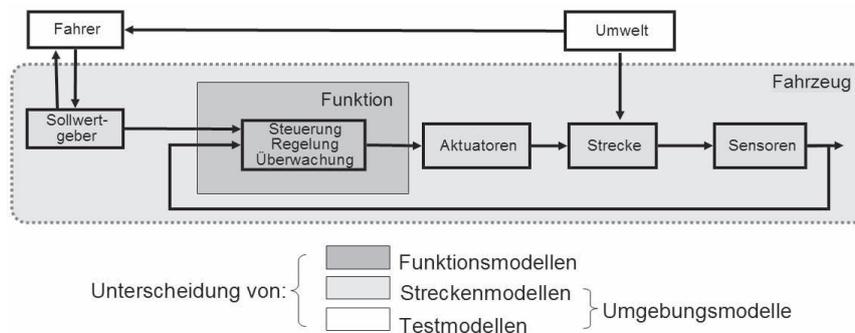


Abbildung 2-1: Klassifikation von Modellen nach [SZ03]

Die auf einem Steuergerät zu implementierende Steuerungs- oder Regelungsfunktionalität bilden Funktions- und Implementierungsmodelle ab. Streckenmodelle stellen das dynamische Verhalten eines realen physikalischen Prozesses dar, der durch eine Steuerungs- oder Regelungsfunktion gezielt beeinflusst wird. Testmodelle dienen der Bereitstellung von Stimuli für Funktions- oder Streckenmodellteile innerhalb eines Gesamtsimulationsmodells.

Je nach Entwicklungsphase kann ein Modell in unterschiedlichen Ausprägungen dargestellt werden. Dabei bezieht sich die Ausprägung auf den Abstraktionsgrad des zu entwickelnden Modellierungsgegenstandes und kann folgende Attribute annehmen:

- **physikalisch/konzeptionell:** Diese Art von Modellen konzentriert sich auf die mathematisch/physikalische Abbildung des Modellierungsgegenstandes. Sie erhebt im Falle eines Fahrzeugfunktionsmodells keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Im Allgemeinen sind diese Modelle zeit- und wertekontinuierlich.
- **verhaltensorientiert:** Verhaltensmodelle konzentrieren sich auf die vollständige Abbildung des Verhaltens einer Funktionalität im algorithmischen Sinne. Bei der Modellierung wird die spätere Umsetzung auf eine Laufzeitumgebung durch zeitdiskrete Simulation berücksichtigt, wodurch Auswirkungen der Abtastzeit auf das funktionale Verhalten untersucht werden können. Im Allgemeinen wird eine ideale Umwelt in Bezug auf Rechnerressourcen angenommen. Im Entwicklungsprozess dient das Verhaltensmodell vorwiegend der Verifikation und Validation der System- bzw. Funktionsanforderungen.
- **implementierungsorientiert:** Das Implementierungsmodell beschreibt eine Fahrzeugfunktion mit dem Ziel der Ableitung einer serientauglichen, ablauffähigen Software. Die Modellierung konzentriert sich dabei auf eine möglichst effektive Abbildung des Algorithmus mit Bezug auf den Ressourcenverbrauch in einem Steuergerät.

## 2.2 Aufbau des Modellierungsrichtlinienkatalogs

Zur einfachen Handhabung werden die in dem Richtlinienkatalog erarbeiteten Regeln in unterschiedliche Kategorien wie z.B. *Layout und Gestaltung*, *Modellarchitektur*, *Namensgebung* und *Parametrisierung* gegliedert. Zusätzlich können Richtlinien in inhaltliche und klassifizierende Attribute unterteilt werden. Inhaltliche Attribute geben neben dem Richtlinientext Informationen zur Notwendigkeit, Anwendung und Quelle der Richtlinie. Klassifizierende Attribute haben im Wesentlichen die Aufgabe, Richtlinien bezüglich ihres Gültigkeitsbereichs und ihres Status zu charakterisieren.

Die wichtigsten Attribute sind:

- **ID:** Jede Richtlinie ist durch eine eindeutige ID gekennzeichnet. Die ID dient im Wesentlichen zur eindeutigen Referenzierbarkeit von Richtlinien und muss z.B. bei Änderungsanfragen angegeben werden.
- **Überschrift:** Die Überschrift gibt prägnant den Inhalt der Richtlinie wieder. Sie hat insbesondere eine wichtige Bedeutung, wenn der Richtlinienkatalog als geschlossenes Dokument verwendet wird und aus einer Kapitelübersicht auf die Inhalte der Richtlinien geschlossen werden muss.
- **Beschreibung:** Die Beschreibung gibt den Inhalt der Richtlinie im Detail wieder.

- **Begründung:** Zu jeder Regel wird eine kurze Begründung aufgeführt, um das Ziel und die Vorteile der Regel wiederzugeben. Somit trägt die Begründung maßgeblich zum Verständnis und zur Akzeptanz bezüglich der Regelanwendung bei. Zusätzlich können Gefahren bei Missachtung der Richtlinie aufgeführt werden.
- **Beispiel:** Ein Beispiel in Form eines grafischen Modells dokumentiert und erläutert die Umsetzung der Richtlinie (vgl. Abbildung 2-2).

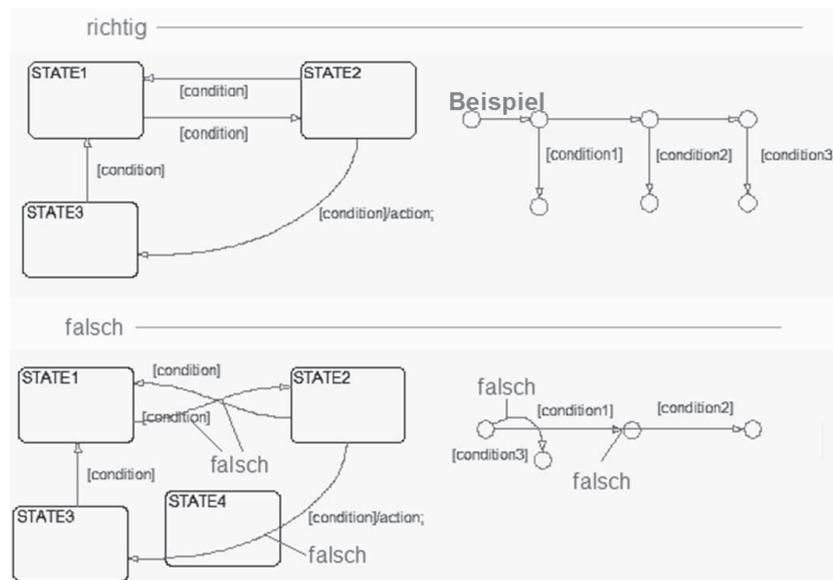


Abbildung 2-2: Beispielmodell einer Regel

Der Richtlinienkatalog enthält auch Regeln zum methodischen Vorgehen bei der Modellierung, wie z.B. die Parametrisierung über so genannte Simulink Objekte oder die Strukturierung von Modellen in verschiedene wieder verwendbare Teilmodelle in Form von Modellkomponenten und Modulen.

Für die Erprobung der Richtlinien wurde ein Modell einer Zentralverriegelung als Teilfunktion der Komfortelektronik anhand eines systematischen Vorgehens rekonstruiert und als Anwendungsbeispiel im Richtlinienkatalog dokumentiert. Zusätzlich enthält der Regelkatalog ein Glossar zur Vereinheitlichung der notwendigen Begriffe. Des Weiteren sind unterschiedliche Design-Pattern [BR01] zur Modellierung von einheitlichen Kontrollflüssen in Stateflow definiert.

### 3 Ergebnisse und Erfahrungen

Zurzeit enthält der Richtlinienkatalog 104 Regeln, die in 7 Kategorien (*Allgemeine Richtlinien, Layout und Gestaltung, Sprachumfang und -gebrauch, Modellarchitektur, Parametrisierung, Namensgebung und Dokumentation*) gegliedert sind. Die Regeln werden in dem Anforderungsmanagement-Werkzeug DOORS™ der Firma Telelogic verwaltet, können aber auch durch eigene Skripte nach Word™ konvertiert werden.

Die Verlinkungen zwischen den Regeln sowohl untereinander als auch zur Fallstudie, vereinfachen die Lesbarkeit und erhöhen dadurch die Effektivität des Modellierungsprozesses. Die Erprobung der Modellierungsregeln erfolgt zunächst in mehreren kleinen Projekten. Die sich daraus ergebenden Anpassungs- und Änderungswünsche an den Richtlinienkatalog werden durch ein so genanntes *Change Control Board* Team kontrolliert und gesteuert. Das Team besteht aus Fachexperten unterschiedlicher Abteilungen des Konzerns, Zuliefererfirmen und der TU Braunschweig. Durch dieses Gremium wird die Qualität des Richtlinienkatalogs durch Berücksichtigung von Änderungsanfragen gewährleistet. Eine weitere Erprobung erfolgt in einigen größeren Pilotprojekten sowohl bei Volkswagen als auch Audi. Zusätzlich werden durch interne Trainings die Entwickler geschult.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass der Regelkatalog zur Verbesserung des modellbasierten Entwicklungsprozesses im Automobilbereich beiträgt, indem einerseits das gemeinsame Verständnis der Funktionen die Zusammenarbeit mit Lieferanten verbessert und andererseits die Wiederverwendbarkeit von Modellkomponenten erhöht wird. Letzteres wird durch eine Vereinheitlichung von Strukturen und Schnittstellen erreicht.

Zukünftig sind Arbeiten geplant, die eine automatische Überprüfung der Modelle anhand der definierten Regeln ermöglichen, wobei auf die Arbeit von [Mutz04, MHGK03] zurückgegriffen wird. Somit können Regelverletzungen im SW-System automatisch analysiert und visualisiert werden. Des Weiteren soll untersucht werden, in wie weit die Modellierungsrichtlinien auch auf andere Beschreibungssprachen, wie z.B. die Unified Modeling Language [OMG03] ausgeweitet werden können.

### 4 Literaturverzeichnis

- [BR01] D. Buck, A. Rau. On Modelling Guidelines: Flowchart Patterns for Stateflow. In: GI, FG 2.1.1: Softwaretechnik Trends, ISSN 0720-8928, 2001.
- [MAAB01] MathWorks Automotive Advisory Board (MAAB). Controller Style Guidelines For Production Intent Using Matlab, Simulink and Stateflow, Version 1.0, April 2001.
- [MHGK03] M. Mutz, M. Huhn, U. Goltz, C. Krömke. Model Based System Development in Automotive, SAE 2003, Detroit, USA, 2003.
- [Mut04] M. Mutz. Metriken und Regeln für eine durchgängige und modellbasierte SW-Entwicklung im Automobilbereich, 2. Automotive Software Engineering, Ulm, 2004.
- [OMG03] Object Management Group. OMG Unified Modeling Language Specification. Version 1.5, 2003.
- [SZ03] J. Schäuffele, T. Zurawka. Automotive Software Engineering. Zeitschrift ATZ-MTZ-Fachbuch, vieweg Verlag, ISBN 3-528-01040-1, 2003.