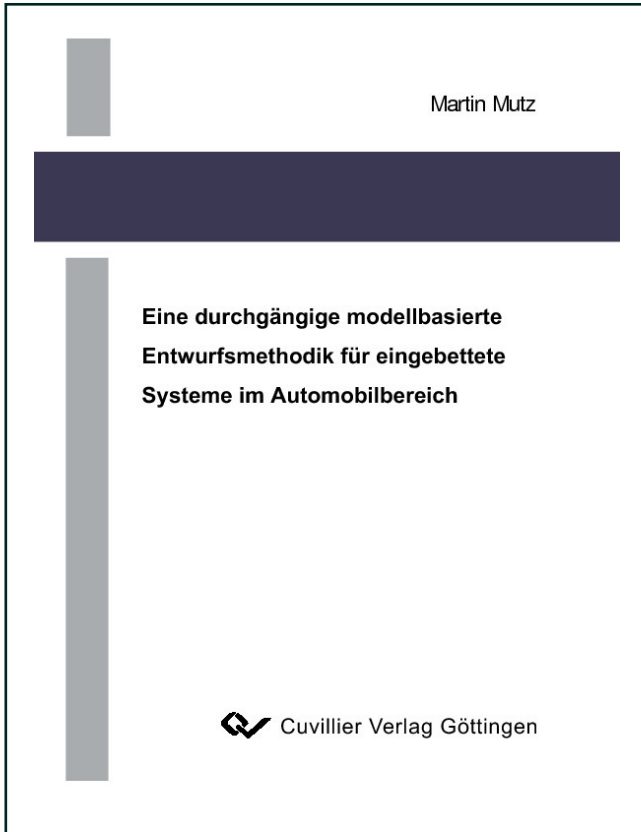




Martin Mutz (Autor)

# **Eine durchgängige modellbasierte Entwurfsmethodik für eingebettete Systeme im Automobilbereich**



<https://cuvillier.de/de/shop/publications/2381>

Copyright:

Cuvillier Verlag, Inhaberin Annette Jentsch-Cuvillier, Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen,  
Germany

Telefon: +49 (0)551 54724-0, E-Mail: [info@cuvillier.de](mailto:info@cuvillier.de), Website: <https://cuvillier.de>

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>xi</b>
<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>xii</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>xiii</b>
<b>1 Einleitung .....</b>	<b>1</b>
1.1 Der Wandel im Automobilbereich und dessen Folgen für die SW-Entwicklung .....	2
1.1.1 Anforderungen an die künftige SW-Entwicklung .....	4
1.1.2 Maßnahmen zur Lösung der Problematik .....	7
1.1.3 Existierende Forschungsprojekte .....	8
1.2 Zielsetzung der Arbeit .....	13
1.3 Kapitelübersicht .....	15
<b>2 Grundlagen der modellbasierten Software-Entwicklung.....</b>	<b>16</b>
2.1 Beschreibungssprachen .....	16
2.1.1 Der natürlichsprachliche Ansatz .....	16
2.1.2 Die funktionsorientierten Sprachansätze .....	17
2.1.3 Die verhaltensorientierten Sprachansätze .....	17
2.1.4 Die objektorientierten Sprachansätze .....	18
2.2 Die UML für die objektorientierte Software-Entwicklung .....	19
2.2.1 Entwicklung der UML .....	19
2.2.2 Sichten und Diagramme der UML .....	21
2.2.3 Erweiterungskonzepte der UML .....	32
2.3 CASE-Werkzeuge für den Einsatz in der Automobil-Software-Entwicklung .....	36
2.3.1 Anforderungen an Werkzeuge .....	36
2.3.2 Klassifizierung von Werkzeugen .....	41
<b>3 Das STEP-X Vorgehensmodell .....</b>	<b>45</b>
3.1 Charakteristik des V-Modells 97 .....	46
3.1.1 Submodelle des V-Modells .....	46
3.1.2 Erzeugnisstruktur des V-Modells .....	49
3.1.3 Vorgehensweise im V-Modell .....	50
3.2 Projektspezifische Anpassung des V-Modells .....	51
3.2.1 Tailoring der Aktivitäten im SE-Modell .....	51
3.2.2 Zuordnung von elementaren Methoden .....	53
3.2.3 Integration von CASE Tools .....	54
<b>4 Die STEP-X Entwurfsmethodik .....</b>	<b>62</b>
4.1 Anforderungsbeschreibung .....	63
4.1.1 Strukturierung von Anforderungsdokumenten .....	64

4.1.2	Ermittlung von Anforderungen.....	66
4.1.3	Analysieren der Anforderungsdokumente.....	69
4.1.4	Visualisierung der Benutzeranforderungen.....	70
4.1.5	Verlinkung von Anforderungen.....	73
4.2	Analyse.....	74
4.2.1	Analyse der logischen Systemarchitektur.....	75
4.2.2	Spezifizierung der SW-Einheiten.....	76
4.2.3	Erstellung der logischen SW-Struktur.....	79
4.2.4	Signalanalyse .....	82
4.3	Funktionaler Grobentwurf.....	86
4.3.1	Detaillierung der SW-Struktur.....	87
4.3.2	Modellierung des Systemverhaltens.....	94
4.3.3	Simulation der Steuergeräte-Software durch eine GUI .....	97
4.3.4	Integration und Simulation kontinuierlicher Umgebungsmodelle .....	100
4.3.5	Funktionsverteilung auf ein logisches Steuergerätenetzwerk.....	106
4.4	Feinentwurf.....	109
4.4.1	Entwurf fahrzeugspezifischer Funktionen.....	110
4.4.2	Funktionspartitionierung auf logische Fahrzeugarchitekturen .....	112
4.4.3	Generierung und Integration von Betriebssystemroutinen.....	115
<b>5</b>	<b>Maßnahmen zur Sicherstellung der Software-Qualität.....</b>	<b>116</b>
5.1	Konstruktive Qualitätssicherungsmaßnahmen.....	117
5.1.1	Modellierungsregeln für die zustandsbasierte SW-Entwicklung .....	118
5.1.2	SW-Metriken zur Bewertung der Modellqualität.....	120
5.2	Analyse und Bewertung zustandsbasierter SW-Systeme.....	121
5.2.1	Der Regel Checker .....	122
5.2.2	Der Überprüfungsprozess am Beispiel.....	128
<b>6</b>	<b>Schlussbemerkung.....</b>	<b>133</b>
6.1	Zusammenfassung.....	133
6.2	Bewertung der Entwurfsmethodik.....	134
6.3	Ausblick.....	139
<b>ANHANG A</b>	<b>- Tailoring.....</b>	<b>141</b>
<b>ANHANG B</b>	<b>– Kriterienkatalog.....</b>	<b>143</b>
<b>ANHANG C</b>	<b>– Modellierungsregeln .....</b>	<b>144</b>
<b>ANHANG D</b>	<b>– Studien- und Diplomarbeiten .....</b>	<b>146</b>
<b>ANHANG E</b>	<b>– Eigene Veröffentlichungen.....</b>	<b>147</b>
	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>149</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Anstieg der Fahrzeugsteuergeräte bei der Volkswagen AG [Scha05] .....	3
Abbildung 1-2: Zuständigkeiten der Arbeitsgruppen im V-Modell.....	9
Abbildung 2-1: Entwicklung der UML .....	21
Abbildung 2-2: Ein Anwendungsfalldiagramm der UML .....	23
Abbildung 2-3: Ein Klassendiagramm der UML.....	24
Abbildung 2-4: Ein Zustandsdiagramm der UML.....	25
Abbildung 2-5: Ein Sequenzdiagramm der UML .....	30
Abbildung 2-6: Ein Komponentendiagramm der UML .....	31
Abbildung 2-7: Ein Verteilungsdiagramm der UML .....	32
Abbildung 2-8: Mögliche Teilprozesse in einem modellbasierten SW- Entwicklungsprozess.....	41
Abbildung 3-1: Zusammenspiel der vier Submodelle im V-Modell [DW00] .....	47
Abbildung 3-2: Das Submodell Systemerstellung .....	49
Abbildung 3-3: Erzeugnisstruktur des V-Modells.....	50
Abbildung 3-4: Schnittstellen objektorientierter Methoden im V-Modell.....	53
Abbildung 3-5: Die Werkzeugkette im Vorgehensmodell .....	56
Abbildung 4-1: Das Verlinkungskonzept.....	64
Abbildung 4-2: Struktur des Anforderungsdokuments Elektrischer Fensterheber .....	65
Abbildung 4-3: Kernfunktionen des Fensterhebers .....	71
Abbildung 4-4: Anwendungsfalldiagramm des Fensterhebers mit Schutzfunktionen .....	72
Abbildung 4-5: Sequenzdiagramm für den Automatiklauf .....	73
Abbildung 4-6: Sequenzdiagramm für den Automatiklauf mit Einklemmschutz.....	73
Abbildung 4-7: Vierteilung der Systemarchitektur.....	76
Abbildung 4-8: SW-Einheiten des Fensterhebers.....	78
Abbildung 4-9: Detaillierter Automatiklauf .....	81
Abbildung 4-10: SW-Struktur des Fensterhebers .....	82
Abbildung 4-11: Verlauf von Signalen .....	83
Abbildung 4-12: Syntaxdiagramm zur Beschriftung von Signalen in der Analyse .....	84
Abbildung 4-13: Signalklassen für die Bedienelemente .....	85
Abbildung 4-14: Prinzip der vertikalen und horizontalen Signalverläufe nach [BRS00]..	88
Abbildung 4-16: Ausschnitt der Kommunikationsstruktur für ein 4-türiges Fahrzeug .....	90
Abbildung 4-17: Die SW-Struktur des Kfz-Komfortsystems.....	92
Abbildung 4-18: Objektdiagramm der Fensterhebersteuerung für die Fahrerseite.....	93
Abbildung 4-19: Syntaxdiagramm zur Beschriftung von Objektnamen.....	93
Abbildung 4-20: Zwei einfache Templates a) ohne und b) mit Ausnahmebehandlung...	95
Abbildung 4-21: Der Koordinator <i>kooFensterLauf</i> nach der ersten Entwicklungsstufe...	96
Abbildung 4-22: Statechart der Klasse <i>kooFensterlauf</i> .....	97
Abbildung 4-23: Graphische Benutzeroberfläche zur Simulation des Komfortsystems ..	99
Abbildung 4-24: Das Zustandsdiagramm der externen Klasse <i>extGUI</i> .....	100
Abbildung 4-25: Das Konzept eines Regelkreises im Fahrzeug nach [SZ03] .....	101

---

Abbildung 4-26: Ein Ausschnitt des Fensterheberumgebungsmodells.....	102
Abbildung 4-27: Toolkopplung der verwendeten Modellierungswerkzeuge.....	103
Abbildung 4-28: Master-Modell der Fensterhebersteuerung in MATLAB/Simulink.....	103
Abbildung 4-29: Die innere Struktur des HMI-Blocks .....	104
Abbildung 4-30: Das ExlTE-Klassendiagramm für die Kommunikationsdefinition.....	105
Abbildung 4-31: Die verschiedenen Ausprägungen einer HW-Umgebung.....	106
Abbildung 4-32: Die logische Fahrzeugtopologie für das Kfz-Komfortsystem.....	107
Abbildung 4-33: Komponentenverteilung auf logische Steuergeräte.....	108
Abbildung 4-34: Die Vorgehensweise im Feinentwurf.....	110
Abbildung 4-35: Spiegelsteuerung in MATLAB/Simulink.....	111
Abbildung 4-36: Funktionsorientierte Partitionierung.....	113
Abbildung 4-37: Spiegelsteuerung als DaVinci-Funktionskomponente .....	114
Abbildung 5-1: Vereinfachte Darstellung der inneren Struktur des Regel Checkers ....	123
Abbildung 5-2: Ausschnitt der Datenstruktur des Regel Checkers [Piet03].....	124
Abbildung 5-3: Parametrisierung der Regeln .....	127
Abbildung 5-4: Vergleich zwischen Java und OCL.....	127
Abbildung 5-5: Das Konzept des Überprüfungsprozesses .....	128
Abbildung 5-6: Statechart mit Modellierungsfehlern.....	129
Abbildung 5-7: Hauptfenster des Regel Checkers.....	130
Abbildung 5-8: Ausgabe der Ergebnisse durch Metriken .....	132

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1-1: Entwicklungsprojekte im Automobilbereich .....	12
Tabelle 2-1: Sichten und Diagramme der UML .....	22
Tabelle 2-2: Das 4-Schichten-Modell der UML.....	33
Tabelle 3-1: Ausgewählte Aktivitäten des SE-Modells .....	52
Tabelle 3-2: Zuweisung von Elementarmethoden im V-Modell .....	54
Tabelle 3-3: Mögliche Modellierungswerkzeuge für den Entwicklungsprozess.....	55
Tabelle 4-1: Zuweisung von Notationen und Werkzeugen.....	85
Tabelle 4-2: Namenskonventionen für Klassen.....	89
Tabelle 4-3: Namenskonventionen für Attribute .....	91
Tabelle 4-4: Konstanten für die Fensterläufe .....	91
Tabelle 6-1: Auswertung der Evaluierungsstudie .....	139
Tabelle 6-2: Streichungen im Submodell SE.....	142
Tabelle 6-3: Kriterienkatalog für die Evaluierung von Modellierungswerkzeugen .....	143
Tabelle 6-4: Modellierungsregeln im Regel Checker.....	145

## Abkürzungsverzeichnis

AML	Automotive Modeling Language
API	Application Programming Interface
ASAM	Association for Standardization of Automation and Measuring Systems
AUTOSAR	Automotive Open System Architecture
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
CASE	Computer Aided Software Engineering
CAN	Controller Area Network
CDIF	CASE Data Interchange Format
CRC	Class-Responsibility-Collaboration
DL	Digitales Lastenheft
DTD	Dokumenttypdeklaration
ECU	Electronic Control Unit
FH	Fensterheber
FIFO	First In First Out
GUI	Graphical User Interface
HAL	Hardware Abstraction Layers
HIL	Hardware in the Loop
HMI	Human Machine Interface
HTML	Hyper Text Markup Language
HW	Hardware
KM	Konfigurationsmanagement
LIN	Local Interconnect Network
MAAB	MathWorks Automotive Advisory Board
MEGMA	MSR Engineering Graphic Model Exchange
MISRA	Motor Industry Software Reliability Association
MMI	Mensch Maschine Interface
MSR	Manufacturer Supplier Relationship

MOST	Media Orientated Systems Transport
OEM	Original Equipment Manufacturers
OIL	OSEK Implementation Language
OMG	Object Management Group
OSEK	Offene Schnittstellen für die Elektronik im Kraftfahrzeug
PM	Projektmanagement
QM	Qualitätsmanagement
QS	Qualitätssicherung
SE	Systemerstellung
SEU	Software-Entwicklungsumgebung
SIL	Software in the Loop
STEP-X	Strukturierter Entwicklungsprozess für Automobil Anwendungen
SVG	Scalable Vector Graphics
SW	Software
SysML	Systems Modeling Language
TT	Technisches Tailoring
UML	Unified Modeling Language
VDX	Vehicle Distributed eXecutive
XMI	XML Metadata Interchange
XML	eXtensible Markup Language
ZV	Zentralverriegelung