Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis xi

Tabellenverzeichnis xii

Abkürzungsverzeichnis xiii

1 Einleitung 1

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

2 Grundlagen der modellbasierten Software-Entwicklung 16

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

3 Das STEP-X Vorgehensmodell 45

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

4 Die STEP-X Entwurfsmethodik 62

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

5 Maßnahmen zur Sicherstellung der Software-Qualität ... 116
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

6 Schlussbemerkung ... 133
6.1 Zusammenfassung ... 133
6.2 Bewertung der Entwurfsmethodik ... 134
6.3 Ausblick ... 139

ANHANG A - Tailoring ... 141

ANHANG B – Kriterienkatalog ... 143

ANHANG C – Modellierungsregeln ... 144

ANHANG D – Studien- und Diplomarbeiten ... 146

ANHANG E – Eigene Veröffentlichungen ... 147

Literaturverzeichnis ... 149

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: Objektdiagram 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 *kooFensterLauf* nach der ersten Entwicklungsstufe ... 96
Abbildung 4-22: Statechart der Klasse *kooFensterlauf* 97
Abbildung 4-23: Graphische Benutzeroberfläche zur Simulation des Komfortsystems .. 99
Abbildung 4-24: Das Zustandsdiagramm der externen Klasse *extGUI* 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 ExITE-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