

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Motivation und Problemstellung	1
1.2	Ziele und Aufbau der Arbeit	4
2	Stand des Wissens	9
2.1	Modellbasierte Funktionsentwicklung	9
2.1.1	Vorarbeiten zu modellbasierter Funktionsentwicklung und Rapid Control Prototyping	10
2.1.2	Wissenschaftliche RCP-Entwicklungsmethodik	13
2.2	Werkzeugketten zur modellbasierten Funktionsentwicklung	16
2.2.1	Kommerzielle Werkzeugketten	18
2.2.2	Low-Cost Werkzeugketten	20
2.2.3	Zusammenfassung	22
2.3	Werkzeuge zur Unterstützung einzelner Prozessschritte	22
2.3.1	Werkzeuge zum Modellmanagement	23
2.3.2	Werkzeuge zur automatischen Codegenerierung	24
2.3.3	Werkzeuge zur automatisierten Echtzeitimplementierung	26
2.3.4	MMI für Online-Experimente	28
2.4	Fazit aus dem Stand des Wissens	30
3	Konzeption einer neuartigen modellbasierten Entwicklungsplattform	31
3.1	Methodischer Ansatz	31
3.1.1	Systematisches Anforderungsmanagement	32
3.1.2	Vorgehensmodell der Softwareentwicklung	33
3.1.3	Software-Architekturen und Architekturmuster	34
3.2	Anforderungen auf Systemebene	36
3.2.1	Nutzerrollen und funktionale Anforderungen	37
3.2.2	Nicht-funktionale Anforderungen	39
3.2.3	Anforderungsmodell	39
3.3	Systemkonzept der Plattform LoRra	40
3.3.1	Makro-Architektur der LoRra-Plattform	42
3.3.2	Komponenten der LoRra-Plattform	44
3.3.3	Testwerkzeuge für den durchgängigen RCP-Prozess	45
3.3.4	Schnittstellen und Orchestrierung	47
3.3.5	Resümee	49
4	Ganzheitliches Datenmanagement mittels Modellbibliothek	51
4.1	Übersicht existierender Ansätze	52
4.1.1	Konzepte des Versionsmanagements	52

4.1.2	Konzepte des Konfigurationsmanagements	53
4.1.3	Versions- und Konfigurationsmanagement für Modelle . .	53
4.2	Lösungsansatz des ganzheitlichen Datenmanagements	54
4.2.1	Wesentliche Eigenschaften der durchgängigen Modellverwaltung	55
4.2.2	Eingesetzte Methoden und Ansätze	56
4.2.3	Konzeption der LoRra-Modellbibliothek	58
4.3	Entwurf und Realisierung	64
4.3.1	Entwurf der zentralen Datenstruktur und Features	64
4.3.2	Entwurf der Schnittstellen	67
4.3.3	Realisierung der grafischen Oberfläche	68
5	Automatisierte Modell-zu-Text-Transformation	71
5.1	Übersicht existierender Ansätze	71
5.1.1	Automatisierte Modell-Transformation	72
5.1.2	Graphen in der Informationsverarbeitung	73
5.1.3	Graphenbasierte Such- und Sortieralgorithmen	74
5.2	Lösungsansatz der automatischen Codegenerierung	76
5.2.1	Wesentliche Anforderungen an die automatische Codegenerierung	76
5.2.2	Methode zur Bewertung des Ergebnisses	78
5.2.3	Konzeption des LoRra-Codegenerators	81
5.3	Entwurf und exemplarische Verifikation der Funktionalität	87
5.3.1	Entwurf der Vorverarbeitung und Optimierung	87
5.3.2	Entwurf der Transformation	91
5.3.3	Verifikation der Ergebnisse	93
6	Automatisierte Echtzeitimplementierung	97
6.1	Übersicht existierender Ansätze	97
6.1.1	Softwareumgebung, Konfiguration und Schnittstellenanbindung von Echtzeitsystemen	98
6.1.2	Mess- und Kalibrieraufgaben	99
6.2	Lösungsansatz der automatisierten Echtzeitimplementierung . . .	100
6.2.1	Wesentliche Anforderungen an die automatische Implementierung	101
6.2.2	Eingesetzte Methoden und Verfahren	102
6.2.3	Grundidee des Lösungsansatzes	104
6.3	Entwurf und Bewertung des LoRra-RTI	109
6.3.1	Exemplarische Echtzeithardware für LoRra	109
6.3.2	Modulare Softwareumgebung zur Echtzeitsimulation . . .	111
6.3.3	Schnittstellenanbindung und automatisierte Programmierung	113

6.3.4	Bewertung der automatisierte Echtzeitimplementierung mit LoRra	115
7	Integrierte grafikunterstützte Experimentierumgebung iGES	119
7.1	Übersicht existierender Ansätze	119
7.1.1	Visualisierung und Nutzerinteraktion	119
7.1.2	Ansätze zur In-situ-Visualisierung	120
7.2	Lösungsansatz für ein echtzeitfähiges MMI	122
7.2.1	Wesentliche Eigenschaften des echtzeitfähigen MMI	122
7.2.2	Konzeptidee des grafischen MMI iGES	124
7.3	Entwurf und exemplarische Realisierung von iGES	128
7.3.1	iGES Grundgerüst und zentrales Datenmodell	128
7.3.2	Instrumente im Experiment Layout	131
7.3.3	Kommunikation mit der Echtzeithardware und Messdatenaufzeichnung	132
7.3.4	Realisierung der iGES-Oberfläche	132
8	Integration zur neuartigen Plattform LoRra	135
8.1	Entwurf der Schnittstellen	135
8.1.1	Datenstruktur des Modellbaums	136
8.1.2	Beschreibung der Modellparameter	137
8.1.3	Zustandsinformationen des Modells	137
8.1.4	Standardisierte Schnittstellen des Modellverhaltens	138
8.2	Entwurf der Orchestrierung	140
8.3	Konfiguration der LoRra-Plattform	143
9	Durchgängige Entwicklung einer Pilotanwendung	145
9.1	Versuchsfahrzeug für die Pilotanwendung	146
9.2	Modellbildung in LoRra	148
9.3	Funktionsentwurf und Offline-Analyse	151
9.3.1	Drehzahlregelung eines Antriebsmotors	151
9.3.2	Trajektorienfolgeregelung des Prototypenfahrzeugs	153
9.4	Echtzeitrealisierung und HiL-Simulationen	155
9.4.1	Drehzahlregelung eines Antriebsmotors	155
9.4.2	Trajektorienfolgeregelung des Prototypenfahrzeugs	156
10	Zusammenfassung und Ausblick	161
	Literatur	165
	Symbole	189
	Abkürzungen	195