



# Inhaltsverzeichnis

Dank	<b>iii</b>
Kurzfassung	<b>v</b>
Abstract	<b>vii</b>
<b>1</b> Einleitung	<b>1</b>
1.1 Vernetzte Fahrzeugapplikationen . . . . .	1
1.2 Problemstellung . . . . .	3
1.3 Beitrag . . . . .	4
<b>2</b> Terminologie	<b>9</b>
2.1 System im Automobilkontext . . . . .	9
2.1.1 Wirklichkeit und Modell . . . . .	10
2.1.2 Eingebettete Systeme . . . . .	11
2.1.3 Fahrzeugvernetzung . . . . .	12
2.1.4 Elektronische Fahrzeugapplikationen . . . . .	16
2.2 Entwicklung von Fahrzeugapplikationen . . . . .	22
2.2.1 Simulation und Modellierung . . . . .	24
2.2.2 Simulationsverfahren . . . . .	28
2.2.3 Modellbasierter Entwicklungsprozess . . . . .	34
2.2.4 Virtuelle Probefahrt . . . . .	37
2.3 Verschmelzen von Wirklichkeit und virtueller Welt . . . . .	38
2.3.1 Interaktionsarten . . . . .	38
2.3.2 Kybernetische Systeme . . . . .	39
2.3.3 Virtuelle Umgebung . . . . .	41
<b>3</b> Verlagern von Probefahrten in die virtuelle Welt	<b>43</b>
3.1 Motivation . . . . .	43



3.2	Fahrzeugsimulation . . . . .	44
3.2.1	Fahrdynamik . . . . .	45
3.2.2	Antriebsstrang . . . . .	45
3.3	Umfeldsimulation . . . . .	46
3.3.1	Visualisierung . . . . .	47
3.3.2	Verkehrsnetz . . . . .	47
3.3.3	Verkehrsfluss . . . . .	48
3.4	Fahrersimulation . . . . .	49
3.4.1	Fahrroboter . . . . .	49
3.4.2	Fahrermodell . . . . .	50
3.5	Validierungsumgebung . . . . .	51
3.6	Fazit . . . . .	52
<b>4</b>	<b>VU-Framework</b>	<b>53</b>
4.1	Anforderungen . . . . .	54
4.2	Analyse . . . . .	59
4.2.1	Nutzerszenarien . . . . .	59
4.2.2	Systementwurf . . . . .	61
4.2.3	Detailentwurf . . . . .	62
4.3	Konfiguration des Gesamtsystems . . . . .	66
4.4	Detaillierter Entwurf des VU-Frameworks . . . . .	68
4.4.1	Anbinden realer Komponenten . . . . .	69
4.4.2	Anbinden virtueller Komponenten . . . . .	69
4.4.3	Protokollkonvertierung . . . . .	70
4.4.4	Koordinatensysteme . . . . .	71
<b>5</b>	<b>Referenzimplementierung</b>	<b>75</b>
5.1	ADTF Laufzeitumgebung . . . . .	75
5.1.1	ADTF Software . . . . .	75
5.1.2	Kommunikationsmethoden . . . . .	76
5.1.3	Anbinden von Fahrzeugapplikationen . . . . .	78
5.2	Simulationskomponenten . . . . .	79
5.2.1	Virtuelles Umfeld . . . . .	80
5.2.2	Virtueller Fahrer . . . . .	86
5.2.3	Virtuelles Fahrzeug . . . . .	90
5.2.4	Anbindung an die Laufzeitumgebung . . . . .	95
5.3	Instanziierung einer Probefahrt . . . . .	96



5.4	Fazit . . . . .	99
<b>6</b>	<b>Fallstudien</b>	<b>101</b>
6.1	Virtuelle Konzeptentwicklung . . . . .	101
6.1.1	Auslegung eines elektrischen Energiespeichers . . . . .	102
6.1.2	Vergleich von realen und virtuellen Fahrzeugen . . . . .	104
6.1.3	Energieoptimierte Längsdynamikregelung . . . . .	107
6.2	Funktionsentwicklung . . . . .	112
6.2.1	Entwicklung einer Spurwechsel Applikation . . . . .	112
6.2.2	Testautomatisierung . . . . .	117
6.3	Fahrsimulator . . . . .	122
6.4	Fazit . . . . .	125
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>127</b>
7.1	Beitrag . . . . .	128
7.2	Ausblick . . . . .	129
<b>A</b>	<b>Referenzimplementierung</b>	<b>133</b>
A.1	Laufzeitplattform ADTF . . . . .	133
A.2	Kommunikationsprotokolle . . . . .	136
A.3	Anbindung von Simulationsmodellen . . . . .	139
A.4	Koordinatentransformation . . . . .	140
A.5	Referenzfahrzeugmodell . . . . .	143
A.6	Fahrermodell . . . . .	154
A.7	Virtuelles Umfeld . . . . .	165
A.8	Testdaten . . . . .	180
<b>B</b>	<b>Elektronische Fahrzeugapplikationen</b>	<b>187</b>
B.1	Funktionsweise . . . . .	187
B.2	Klassifizierung der Sensorinformationen . . . . .	188
B.3	Einsatzbereiche . . . . .	190
	<b>Abkürzungen</b>	<b>193</b>
	<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>199</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>201</b>