

# Inhaltsverzeichnis

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS .....	XIII
<b>KAPITEL 1 EINLEITUNG.....</b>	<b>1</b>
1.1. Ausgangssituation und Motivation.....	1
1.1.1. Anstieg der Zahl an elektronischen Steuergeräten .....	2
1.1.2. Fahrerassistenzsysteme .....	4
1.1.3. Testmethoden kamerabasierter Fahrerassistenzsysteme .....	7
1.2. Ziel der Arbeit und Ableitung der Aufgabenstellung .....	9
1.2.1. Ziel der Arbeit.....	9
1.2.2. Aufgabenstellung.....	10
1.3. Vorgehen und Aufbau der Arbeit.....	10
1.3.1. Wissenschaftliche Methodik.....	10
1.3.2. Aufbau der Arbeit.....	11
<b>KAPITEL 2 GRUNDLAGEN.....</b>	<b>13</b>
2.1. Automobilelektronik.....	13
2.2. Fahrerassistenzsysteme .....	15
2.2.1. Überblick über Assistenzsysteme .....	16
2.2.2. Definition der Begriffe.....	20
2.3. Beispiele für Assistenzsysteme.....	22
2.3.1. Überblick über die Sensorik: Radar, Kamera, Lidar .....	24
2.3.2. Fahrerassistenzsysteme .....	29
2.3.3. Aktive Fahrerassistenzsysteme .....	36
2.3.4. Umfelderfassende Assistenzsysteme in anderen Domänen.....	43
2.3.5. Trends im Bereich der Fahrerassistenzsysteme.....	46
2.4. Testen von Automobilelektronik .....	48
2.4.1. Vorgehensmodelle in der E/E-Entwicklung.....	48
2.4.2. Software-Qualität und Software-Engineering .....	51
2.4.3. Testprozesse .....	53
2.4.4. Überblick und Einordnung des Testens .....	57
2.4.5. Hardware-in-the-Loop Tests .....	64
2.4.6. Testfälle.....	66
2.5. 3D-Grafik .....	72
2.5.1. Fotorealismus.....	73
2.5.2. Computergrafik-Pipeline .....	73
2.5.3. Spiele- und Grafik-Engines .....	77
2.5.4. Bildverarbeitung.....	78
2.6. Weitere Grundlagen.....	80
2.6.1. Datenbanken .....	80
2.6.2. Versuchsplanung .....	81
2.6.3. Algorithmitk.....	83

2.7. Zusammenfassung der Grundlagen.....	84
<b>KAPITEL 3 ZIELE UND ALLGEMEINE ANFORDERUNGEN AN DIE FUNKTIONALE ABSICHERUNG KAMERABASIERTER AKTIVER FAHRERASSISTENZSYSTEME .....</b>	<b>85</b>
3.1. Ziele .....	85
3.2. Allgemeine Anforderungen.....	86
3.3. Zusammenfassung der Ziele und Anforderungen.....	93
<b>KAPITEL 4 STAND DER TECHNIK: TESTEN KAMERABASIERTER FAHRERASSISTENZSYSTEME.....</b>	<b>95</b>
4.1. Testen kamerabasierter Fahrerassistenzsysteme .....	95
4.1.1. Überblick .....	96
4.1.2. Klassifikation der Testmethoden .....	98
4.1.3. Visuelle Simulationsumgebungen für kamerabasierte Fahrerassistenzsysteme....	109
4.1.4. Visuelle Simulationsumgebungen in anderen Domänen .....	120
4.2. Testfälle .....	121
4.2.1. Testbasis.....	121
4.2.2. Bestandteile von Testfällen .....	123
4.2.3. Automatisierbarkeit des Testfallentwurfs und der Testfallgenerierung .....	125
4.2.4. Testfall-Datenbanken.....	126
4.3. Zusammenfassung und Handlungsbedarf.....	126
4.3.1. Zusammenfassung Stand der Technik.....	127
4.3.2. Handlungsbedarf für das Konzept.....	129
<b>KAPITEL 5 LÖSUNG ZUM AUTOMATISIERTEN FUNKTIONALEN TESTEN KAMERABASIERTER AKTIVER FAHRERASSISTENZSYSTEME .....</b>	<b>131</b>
5.1. Rahmenkonzept.....	134
5.1.1. Der Testprozess .....	135
5.1.2. Use Cases.....	142
5.1.3. Grafik-Simulation.....	144
5.1.4. Visual Loop (VL) System .....	146
5.1.5. Schnittstellen .....	149
5.1.6. Zusammenfassung des Rahmenkonzepts .....	156
5.2. Verfahren zum HiL-Testen kamerabasierter Aktiver Fahrerassistenzsysteme .....	157
5.2.1. VL-Editor .....	158
5.2.2. Grafik Generator .....	175
5.2.3. Zusammenfassung des VL-Testsystems.....	183
5.3. Testfälle und Test-Szenarien .....	184
5.3.1. Testfälle als parametrierbare Testklassen.....	184
5.3.2. Methodik zur Erzeugung von Test-Szenarien .....	196
5.4. Zusammenfassung der Lösung zum Testen kamerabasierter ADAS .....	203
<b>KAPITEL 6 IMPLEMENTIERUNG DES VL-TESTSYSTEMS .....</b>	<b>205</b>
6.1. VL-Testsystem „PROVEtech:VL“ .....	206
6.1.1. Grafik Generator .....	207
6.1.2. VL-Editor .....	209
6.1.3. Schnittstellen .....	212

6.1.4. Weitere Komponenten.....	214
6.1.5. Gesamt-Testsystem .....	215
<b>6.2. Erzeugung von Testfällen und Szenarien.....</b>	<b>216</b>
6.2.1. Versuchsplanung und automatische Testfallspezifikations-Generierung .....	216
6.2.2. Kombinations-Algorithmitk und automatische Szenario-Generierung.....	218
<b>6.3. Anwendungsfälle, Projekte.....</b>	<b>219</b>
6.3.1. Fahrspurverlassenswarnung.....	220
6.3.2. Verkehrszeichenerkennung.....	221
6.3.3. Fahrsimulator Assistenzsysteme .....	222
6.3.4. Stereo Multi Purpose Camera .....	222
<b>6.4. Zusammenfassung der Implementierung .....</b>	<b>224</b>
<b>KAPITEL 7 ERGEBNISSE, ZUSAMMENFASSUNG, AUSBLICK .....</b>	<b>225</b>
<b>7.1. Ergebnisse.....</b>	<b>225</b>
7.1.1. Methode: Testprozess mit Szenarien aus parametrierten Testklassen.....	226
7.1.2. Werkzeug: VL-Testsystem für kamerabasierte Aktive Fahrerassistenzsysteme .....	228
7.1.3. Prototypische Umsetzung.....	230
7.1.4. Zusammenfassung der Ergebnisse.....	230
<b>7.2. Zusammenfassung der Arbeit .....</b>	<b>231</b>
7.2.1. Grundlagen, Anforderungen und Stand der Technik .....	231
7.2.2. Konzept, Implementierung und Ergebnisse .....	232
7.2.3. Wissenschaftlicher Mehrwert.....	233
<b>7.3. Ausblick .....</b>	<b>234</b>
<b>ANHANG .....</b>	<b>235</b>
A 1 Navigations-, Stabilisierungs- und Collision Mitigation Systeme .....	235
A 2 Radar-, Lidar- und Ultraschall-Sensoren .....	236
A 3 ISO/DIS 26262 .....	238
A 4 V-Modelle .....	239
A 5 Überblick PROVEtech:TP5 nach [Bäro08] .....	240
A 6 Überblick Bestandteile und Zusammenspiel der PROVEtech:VL-Softwarekomponenten .....	244
<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS .....</b>	<b>245</b>
<b>LITERATURVERZEICHNIS .....</b>	<b>249</b>