

# Inhaltsverzeichnis

<b>Kurzfassung</b>	<b>i</b>
<b>Symbole und Abkürzungen</b>	<b>viii</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Bedeutung der Fahrwerkselektronik im Automobilbereich . . . . .	1
1.2 Situationsanalyse und Zielsetzung der Arbeit . . . . .	3
1.3 Vorgehensweise und Gliederung der Arbeit . . . . .	5
<b>2 Regelungstechnik im Fahrwerksbereich</b>	<b>7</b>
2.1 Regelkreis . . . . .	7
2.2 Modellbildung der Regelstrecke . . . . .	7
2.2.1 Beschreibung der Fahrzeugbewegung . . . . .	8
2.2.2 Einspurfahrzeugmodell . . . . .	9
2.2.3 Zweispurfahrzeugmodell . . . . .	11
2.2.4 Eigenlenkverhalten . . . . .	13
2.3 Fahrwerkregelsysteme . . . . .	13
2.4 Vernetzte Fahrwerkregelsysteme: Stand der Technik . . . . .	15
2.4.1 Funktionsintegration . . . . .	15
2.4.2 Hardwarearchitektur . . . . .	15
2.4.3 Softwarearchitektur . . . . .	16
2.4.4 Prozessintegration . . . . .	17
2.5 Zusammenfassung . . . . .	17
<b>3 Signaldatenaufbereitungen für Fahrwerkregelsysteme</b>	<b>19</b>
3.1 Notwendigkeit . . . . .	19
3.2 Aufgaben . . . . .	20
3.2.1 Sensorabgleich . . . . .	21
3.2.2 Sensorüberwachung . . . . .	22
3.2.3 Schätzgrößen . . . . .	24
3.3 Realisierung von Signaldatenaufbereitungen: Stand der Technik . . . . .	24
3.3.1 Methoden des Sensorabgleichs . . . . .	24
3.3.2 Methoden der Fehlererkennung . . . . .	29
3.3.3 Methoden der Fehlerdiagnose . . . . .	39
3.4 Zusammenfassung . . . . .	39
<b>4 Softwarearchitekturentwurf für Signaldatenaufbereitungen</b>	<b>41</b>
4.1 Beschreibung von Softwarearchitekturen . . . . .	41
4.2 Qualitätsattribute und Entwurfsprinzipien . . . . .	42
4.3 Architekturstile . . . . .	43
4.4 Architekturentwurf für fehlertolerante Systeme: Stand der Technik . . . . .	44
4.4.1 Bestehende Ansätze zur Sensorüberwachung im Fahrzeug . . . . .	44

4.4.2	Ganzheitliche Entwurfsstrategien . . . . .	47
4.5	Bewertung von Softwarearchitekturen . . . . .	52
4.6	Zusammenfassung . . . . .	53
<b>5</b>	<b>Anforderungen an eine zentrale Signaldatenaufbereitung</b>	<b>54</b>
5.1	Anforderungen von Fahrwerkregel- und Fahrerassistenzsystemen . . . . .	54
5.1.1	Antriebsmomentenverteilung . . . . .	55
5.1.2	Lenkung . . . . .	56
5.1.3	Vertikaldynamik . . . . .	58
5.1.4	Bremse und Stabilität . . . . .	60
5.1.5	Assistenzsysteme . . . . .	61
5.1.6	Übersicht über die Ergebnisse . . . . .	61
5.2	Anforderungen aufgrund der Vernetzung von Fahrwerkregelsystemen . . . . .	63
5.3	Allgemeine Anforderungen . . . . .	64
5.4	Zusammenfassung . . . . .	66
<b>6</b>	<b>Konzept einer zentralen Signaldatenaufbereitung</b>	<b>68</b>
6.1	Entwurf der Softwarearchitektur . . . . .	68
6.1.1	Interaktion mit der Umgebung . . . . .	68
6.1.2	Anpassung an die Umgebung . . . . .	72
6.1.3	Struktur des Gesamtsystems . . . . .	75
6.2	Entwurf des Funktionsumfangs . . . . .	79
6.2.1	Erhöhung der Signalgenauigkeit . . . . .	79
6.2.2	Absicherung der Signalqualität . . . . .	80
6.2.3	Kommunikation der Signalqualität . . . . .	83
6.2.4	Applikation des Gesamtsystems . . . . .	86
6.3	Zusammenfassung . . . . .	86
<b>7</b>	<b>Implementierung des Konzepts einer zentralen Signaldatenaufbereitung</b>	<b>88</b>
7.1	Softwarearchitektur . . . . .	88
7.1.1	Hierarchische Dekomposition . . . . .	88
7.1.2	Vernetzungsdatenbank . . . . .	91
7.1.3	Konfiguration des Gesamtsystems . . . . .	93
7.1.4	Fehlerbehandlung . . . . .	93
7.1.5	Abtastzeitunabhängige Parametrierung . . . . .	97
7.1.6	Zeitverhalten . . . . .	99
7.2	Funktionsumfang . . . . .	100
7.2.1	Vorberechnung . . . . .	100
7.2.2	Gierwinkelgeschwindigkeit . . . . .	102
7.2.3	Querbeschleunigung . . . . .	105
7.2.4	Fahrzustand . . . . .	105
7.2.5	Modellgrößen . . . . .	106
7.2.6	Rückführung . . . . .	109
7.3	Zusammenfassung . . . . .	109
<b>8</b>	<b>Bewertung des Konzepts einer zentralen Signaldatenaufbereitung</b>	<b>111</b>
8.1	Versuchsaufbau . . . . .	112
8.1.1	Fehlerarten . . . . .	112
8.1.2	Versuchsfahrzeuge . . . . .	112

8.1.3	Versuchsumgebung . . . . .	112
8.1.4	Fahrmanöver . . . . .	113
8.2	Bewertung der Nullpunktfehlerbestimmung . . . . .	114
8.3	Bewertung der Fehlererkennungsmethoden . . . . .	117
8.3.1	Signalbasierte Methoden . . . . .	117
8.3.2	Modellbasierte Methoden . . . . .	119
8.3.3	Redundanzbasierte Methoden . . . . .	123
8.3.4	Vergleich der Fehlererkennungsmethoden . . . . .	127
8.4	Bewertung des Einflusses von Sensorabgleichen auf die Fehlererkennung . . . . .	131
8.5	Bewertung der reduzierten Taktung einzelner Funktionen . . . . .	132
8.6	Bewertung der Fehlerbehandlung . . . . .	133
8.6.1	Externe Fehler . . . . .	134
8.6.2	Interne Fehler . . . . .	137
8.7	Bewertung nicht-funktionaler Anforderungen . . . . .	138
8.8	Unbewertete Anforderungen . . . . .	140
8.9	Bewertung gegenüber konventioneller Signaldatenaufbereitung . . . . .	140
8.10	Zusammenfassung . . . . .	142
<b>9</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>144</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>147</b>
<b>A</b>	<b>Technische Daten</b>	<b>156</b>
A.1	Entwicklungsumgebung . . . . .	156
A.2	Sensorspezifikationen . . . . .	156
A.3	Fahrzeugdaten . . . . .	157
<b>B</b>	<b>Mathematische Herleitungen</b>	<b>159</b>
B.1	Gleitender Mittelwert . . . . .	159
B.2	Abtastzeitunabhängige Filterzeitkonstante für ein diskretes Verzögerungsglied erster Ordnung . . . . .	159
B.2.1	Variante 1 . . . . .	159
B.2.2	Variante 2 . . . . .	160
B.3	Rekursive Parameterschätzung . . . . .	161
<b>C</b>	<b>Messungen</b>	<b>163</b>