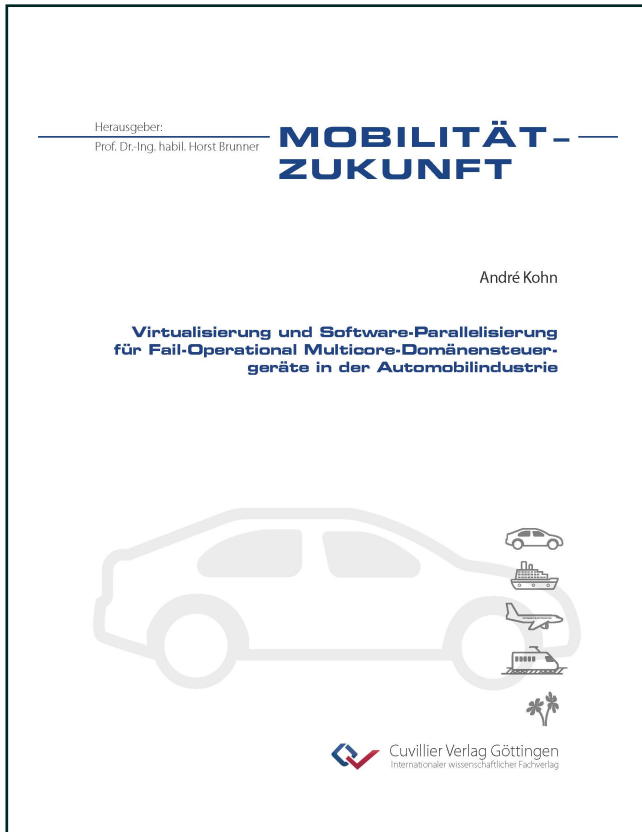




André Kohn (Autor)

# Virtualisierung und Software-Parallelisierung für Fail-Operational Multicore-Domänensteuergeräte in der Automobilindustrie



<https://cuvillier.de/de/shop/publications/8855>

Copyright:

Cuvillier Verlag, Inhaberin Annette Jentzsch-Cuvillier, Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen, Germany

Telefon: +49 (0)551 54724-0, E-Mail: [info@cuvillier.de](mailto:info@cuvillier.de), Website: <https://cuvillier.de>

# Inhaltsverzeichnis

<b>Vorwort</b>	<b>i</b>
<b>Kurzfassung</b>	<b>iii</b>
<b>Abstract</b>	<b>v</b>
<b>1 Elektronikentwicklung und Trends in der Automobilindustrie</b>	<b>1</b>
1.1 Anforderungen an zukünftige E/E-Fahrzeugarchitekturen . . . . .	1
1.2 Herausforderung Multicore-Technologie in Domänensteuergeräten	6
1.3 Aufbau und Struktur der Arbeit . . . . .	13
1.4 Wissenschaftliche Beiträge der Arbeit . . . . .	13
<b>2 Stand der Technik</b>	<b>17</b>
2.1 Redundanz und Zuverlässigkeit sicherheitsrelevanter Systemen . .	17
2.1.1 Majoritätsredundanz . . . . .	20
2.1.2 Safety-Mechanismen gängiger Multicore-Architekturen . .	23
2.1.3 Grundbegriffe technischer Zuverlässigkeit . . . . .	26
2.1.4 Funktionale Sicherheit in der Automobilindustrie . . . . .	27
2.2 Virtualisierungsmethoden im Überblick . . . . .	29
2.2.1 Grundbegriffe Virtualisierung . . . . .	29
2.2.2 Vollvirtualisierung . . . . .	33
2.2.3 Binärübersetzung . . . . .	33
2.2.4 Paravirtualisierung . . . . .	35
2.2.5 Microkernel . . . . .	36
2.2.6 Virtualisierungsunterstützung in Hardwarearchitekturen .	37
2.2.7 Ansätze in der Automobilelektronik . . . . .	41
2.3 Parallelisierung von Software . . . . .	54
2.3.1 Funktionsmodellierung und Softwareentwicklung für Steuergerä- te . . . . .	56
2.3.2 Software-Parallelisierung im Fahrzeug . . . . .	57
2.4 Multicore-Controller für sicherheitsrelevante Domänensteuergeräte	59
2.4.1 Infineon AURIX TC27x . . . . .	60
2.4.2 NXP/Freescale MPC57xx Calypso . . . . .	63

<b>3</b>	<b>Virtualisierung und Parallelisierung für Fail-Operational Multicore-DCUs</b>	<b>65</b>
3.1	Architekturanforderungen für Multicore-DCUs . . . . .	65
3.2	Das 2oo2DFS-System als Fail-Operational-Ansatz in der Fahrwerk- elektronik . . . . .	74
3.2.1	Realisierung einer ECU-internen 2oo2DFS-Architektur für EPS-Steuergeräte . . . . .	75
3.2.2	Systemzuverlässigkeit des ECU-internen 2oo2-Ansatzes . . . . .	76
3.3	Hypervisor-basierte Virtualisierung in sicherheitsrelevanten Fahr- werksteuergeräten . . . . .	91
3.3.1	Pre-Virtualisierung als Alternative zur Paravirtualisierung . . . . .	91
3.3.2	I/O-Virtualisierung in Domänensteuergeräten . . . . .	100
3.4	Software-Parallelisierung bei hochintegrierten Fahrwerksteuergerä- ten . . . . .	110
3.4.1	Integration . . . . .	112
3.4.2	Implementierung mit ereignisgesteuerten Tasks . . . . .	114
3.4.3	Laufzeitmessung mit Stoppuhren . . . . .	115
<b>4</b>	<b>Experimentelle Validierung und Ergebnisse</b>	<b>117</b>
4.1	Auswertung des Redundanzkonzepts für Fail-Operational . . . . .	117
4.2	Ergebnisse der Pre-Virtualisierung . . . . .	121
4.3	Auswertung der Hypervisor-basierten I/O Virtualisierung . . . . .	126
4.3.1	Messergebnisse der Implementierung . . . . .	126
4.3.2	Auswertung der Sendelatenzen des Timing-Modells . . . . .	130
4.3.3	Vergleich der Messwerte mit der Timing-Analyse . . . . .	136
4.4	Auswertung der Software-Migration und Parallelisierung . . . . .	138
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>143</b>
5.1	Zusammenfassung Fail-Operational . . . . .	143
5.2	Zusammenfassung Virtualisierungskonzepte . . . . .	144
5.3	Zusammenfassung Software-Parallelisierung . . . . .	146
5.4	Ausblick . . . . .	147
<b>A</b>	<b>Fragebogen und Ergebnisdiagramme</b>	<b>151</b>
<b>B</b>	<b>Berechnung und Validierung der Zustandswahrscheinlichkeiten</b>	<b>171</b>
<b>C</b>	<b>Messergebnisse</b>	<b>181</b>
<b>D</b>	<b>Ergebnisse der Timing-Analyse</b>	<b>183</b>
<b>E</b>	<b>Vergleichstabellen</b>	<b>205</b>
	<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>212</b>

<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>214</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>215</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>219</b>
<b>Eigene Veröffentlichungen</b>	<b>227</b>