

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einführung</b>	<b>1</b>
1.1. Motivation . . . . .	1
1.2. Beitrag der Arbeit . . . . .	2
1.3. Gliederung . . . . .	3
<b>2. Grundlagen</b>	<b>5</b>
2.1. Elektrik/Elektronik-Architekturen . . . . .	5
2.2. Automotive-Bussysteme . . . . .	7
2.2.1. Charakterisierung von Bussystemen . . . . .	7
2.2.2. Controller Area Network . . . . .	9
2.2.3. Local Interconnect Network . . . . .	11
2.2.4. Media Oriented Systems Transport . . . . .	12
2.2.5. Ethernet . . . . .	12
2.3. FlexRay . . . . .	14
2.3.1. Topologie . . . . .	15
2.3.2. Sternpunkte . . . . .	15
2.3.3. Kommunikation . . . . .	16
2.3.4. Aufbau eines FlexRay-Knotens . . . . .	21
2.3.5. E-Ray FlexRay IP-Modul . . . . .	23
2.3.6. FlexRay 3.0 . . . . .	26
2.4. Zyklisches Kommunikationsverhalten von E/E-Architekturen . . . . .	27
2.5. Aufbau von Steuergeräten . . . . .	27
2.5.1. Leistungsverteilung . . . . .	28
2.5.2. Leistungstreiber . . . . .	31
2.5.3. Transceiver und System-Basis-Chips . . . . .	33
2.5.4. Microcontroller . . . . .	33
2.5.5. Energieeffizienz der CMOS-Halbleitertechnologie . . . . .	35
2.6. Schlaf- und Weckmechanismen heutiger E/E-Architekturen . . . . .	37
2.6.1. Busunabhängige Schlafmechanismen . . . . .	38
2.6.2. Vernetzungsbasierte Schlafmechanismen . . . . .	39
2.7. AUTOSAR . . . . .	41
2.7.1. AUTOSAR-Architektur . . . . .	42
2.7.2. Entwicklungsmodell . . . . .	43
2.7.3. Behandlung von Weckereignissen . . . . .	44
2.7.4. Basic Software Mode Manager . . . . .	44
2.7.5. AUTOSAR-Kommunikationsschicht . . . . .	45
2.7.6. ECU State Manager . . . . .	48

2.8. Auswirkung der Einsparung von elektrischer Leistung in Kraftfahrzeugen . . . . .	48
2.8.1. Einfluss auf Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor . . . . .	49
2.8.2. Auswirkung auf Fahrzeuge mit elektrifiziertem Antriebsstrang . . . . .	50
2.8.3. Wirtschaftlicher Nutzen von elektrischen Einsparungen . . . . .	51
<b>3. Ansätze zur Energieoptimierung von E/E-Architekturen . . . . .</b>	<b>53</b>
3.1. Aufteilung der Leistungsverteilung in heutigen Fahrzeugen . . . . .	53
3.2. Funktionsabhängige Stellhebel auf Komponentenebene . . . . .	55
3.2.1. Optimierung von Sensoren, Aktoren und Peripherie . . . . .	55
3.2.2. Effiziente Spannungsregler und Leistungstreiber . . . . .	56
3.2.3. Mehrstufige Spannungsversorgung von Steuergeräten . . . . .	56
3.2.4. Optimierung der Energieeffizienz von Microcontrollern . . . . .	57
3.2.5. Vergleich zwischen Optimierungsmaßnahmen von Microcontrollern im Consumer-Bereich und Automotivbereich . . . . .	60
3.2.6. Anwendbarkeit lokaler, funktionsabhängiger Stellhebel durch den OEM . . . . .	62
3.3. Stellhebel auf Vernetzungsebene . . . . .	63
3.3.1. Teilnetze . . . . .	64
3.3.2. Partial Networking: geclusterte Knotenabschaltung für CAN . . . . .	69
3.3.3. Integration von CAN-Teilnetzen in den Entwicklungsprozess von E/E-Architekturen . . . . .	70
3.3.4. Anwendbarkeit von Teilnetzen auf FlexRay . . . . .	72
3.4. Bewertung der verschiedenen Ansätze . . . . .	73
3.4.1. Bewertung von funktionsspezifischen, lokalen Ansätzen . . . . .	74
3.4.2. Bewertung von vernetzungsbasierten Ansätzen . . . . .	74
3.5. Theoretische Abschätzung des Einsparpotentials . . . . .	77
3.5.1. Systembewertung . . . . .	77
3.5.2. Abschätzung . . . . .	78
<b>4. Adaptive Abschaltung von FlexRay-Knoten . . . . .</b>	<b>83</b>
4.1. Anforderungen . . . . .	83
4.1.1. Allgemeiner Aufbau ICC-fähiger Steuergeräte . . . . .	84
4.1.2. Funktionsumfang . . . . .	86
4.1.3. Anwendungsbeispiele . . . . .	87
4.2. Integration in AUTOSAR . . . . .	89
4.2.1. ICC-Konfiguration . . . . .	90
4.2.2. Abbildung des ICC-Kommunikationszustandes . . . . .	96
4.2.3. Prototypische Evaluierung . . . . .	101
4.3. Auswirkungen auf die Funktionssicherheit . . . . .	105
4.4. ICC-Konzeptumsetzung . . . . .	107
4.4.1. ICC-Implementierungsvorschlag . . . . .	107
4.4.2. Integration des ICCs in das E-Ray FlexRay IP-Modul . . . . .	123

4.5. Aufbau des ICC-Steuergerätedemonstrators . . . . .	126
4.5.1. Testaufbau . . . . .	127
4.5.2. Validierung des AUTOSAR-Konzeptes . . . . .	129
4.6. Experimentelle Abschätzung des Einsparpotentials . . . . .	132
4.6.1. Annahmen . . . . .	132
4.6.2. Messergebnisse . . . . .	134
<b>5. Übertragbarkeit der adaptiven Knotenabschaltung auf Ethernet</b>	<b>139</b>
<b>6. Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>143</b>
<b>A. Verzeichnisse</b>	<b>145</b>
Abbildungsverzeichnis . . . . .	145
Tabellenverzeichnis . . . . .	147
Abkürzungsverzeichnis . . . . .	149
<b>B. Literatur- und Quellennachweise</b>	<b>151</b>
<b>C. Betreute studentische Arbeiten</b>	<b>156</b>
<b>D. Eigene Veröffentlichungen</b>	<b>156</b>
<b>E. Patentanmeldungen</b>	<b>157</b>