

Inhaltsverzeichnis

1. Einführung	1
1.1. Motivation	1
1.2. Beitrag der Arbeit	2
1.3. Gliederung	3
2. Grundlagen	5
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
3.	Ansätze zur Energieoptimierung von E/E-Architekturen	53
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
4.	Adaptive Abschaltung von FlexRay-Knoten	83
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
5.	Übertragbarkeit der adaptiven Knotenabschaltung auf Ethernet	139
6.	Zusammenfassung und Ausblick	143
A.	Verzeichnisse	145
	Abbildungsverzeichnis	145
	Tabellenverzeichnis	147
	Abkürzungsverzeichnis	149
B.	Literatur- und Quellennachweise	151
C.	Betreute studentische Arbeiten	156
D.	Eigene Veröffentlichungen	156
E.	Patentanmeldungen	157