

Inhalt

1	Einleitung	7	4.2.2	Fehler-Möglichkeits- und Einfluß-analyse (FMEA)	50
2	Fahrdynamikregelung im Regelkreis „Fahrer-Fahrzeug-Umwelt“	8	4.2.3	Failure Mode Effect and Critically Analysis (FMECA)	51
2.1	Physikalische Grundlagen der Schlupfregelung	9	4.2.4	Software-in-the-loop	52
2.2	Literatur- und Patentrecherche zur Thematik der Fahrdynamik-regelungen	12	4.2.5	Hardware-in-the-loop	53
2.3	Sensorik	19	5	Elektronische Systeme	54
2.3.1	Erfassung von Raddrehzahl-signalen	19	5.1	Aufgabenstellung	54
2.3.2	Erfassung des Lenkwinkels	20	5.2	Stand der Normung	55
2.3.3	Erfassung der Giergeschwin-digkeit	22	5.2.1	Vergleich der Entwicklungsphasen-Modelle	55
2.3.4	Erfassung der Querbeschleu-nigung	23	5.2.2	Normen und Richtlinien in der Kfz-Elektronik	55
2.3.5	Erfassung des Bremsvordrucks	23	5.2.3	Normen und Standards sicherheits-relevanter Elektronik in anderen Industrieanwendungen	56
2.4	CAN-Datenbussystem	24	5.3	Sicherheitstechnische Bewertung von Kfz-Elektronik	57
2.5	Steuergerät	24	5.4	Systemanalyse von elektronischen Sicherheitskomponenten	59
2.6	Aktoren	27	5.5	Systemstrukturen für Rechner mit Sicherheitsverantwortung	59
2.6.1	Hydraulik	27	5.5.1	Systeme mit sicherem Abschalt-zustand	59
2.6.2	Magnetventile	28	5.5.2	Systeme ohne sicheren Abschalt-zustand	59
2.7	Übersicht der Komponenten bekannter Fahrdynamikregelungen	29	5.6	Rechnerstrukturen	60
3	Fahrdynamischer Nutzen einer Fahrdynamikregelung	30	5.6.1	Einkanalige Rechnerstruktur	60
3.1	Simulationsmodell des Basisfahrzeugs	30	5.6.2	Zweikanalige Rechnerstruktur	61
3.2	Simulationsmodell des geregelten Pkw	34	5.6.2.1	Zweikanalige fehlertolerante Struktur mit Umschalter	61
3.3	Vergleichende Simulation in ausgewählten Fahrsituationen	41	5.6.2.2	Zweikanalige Struktur ohne Vergleich	61
3.4	Betrachtung des geregelten Pkw mit Fehlersimulation	43	5.6.2.3	Zweikanalige Struktur mit Vergleich	62
4	Sicherheitskonzept mechatro-nischer Systeme	44	5.6.3	Mehrkanalige Rechnerstruktur	62
4.1	Grundlagen der Fehlertheorie	45	6	Prinzipielle Vorgehensweise einer Risikoanalyse	63
4.1.1	Fehlervermeidung	47	6.1	Elektronikmodell einer Fahrdynamik-regelung	64
4.1.2	Fehlererkennung	47	6.2	Risikoanalyse einer Fahrdynamik-regelung	65
4.1.3	Fehlerbeherrschung	48	6.3	Erste Fixierung der fahrsicherheits-technischen Anforderungen	65
4.2	Hilfsmittel zur Erarbeitung und Überprüfung eines Sicherheits-konzeptes	49			
4.2.1	Fehlerbaumanalyse	49			

7	Ableitung von Anforderungen an elektronische Systeme für SIL 4	66
8	Modell zur Validierung der Entwicklung einer sicherheitsrelevanten Elektronik	68
8.1	Konzeptphase	68
8.2	Gefährdungs- und Risikoanalyse	68
8.3	Planung der Gesamtvalidierung	70
8.4	Sicherheitssysteme	70
8.5	Sicherheitsbezogene Gesamtvalidierung	70
8.6	Einbindung in ein zukünftiges europäisches Regelwerk	70
9	Status der einschlägigen Regelwerke	71
9.1	Allgemeine Anmerkungen	71
9.2	Nationale Gesetzgebung	72
9.3	Gesetzliche Regelung hinsichtlich der „Anforderungen von Fahrzeugsystemen mit elektronischen Komponenten“	72
9.3.1	Vorschlag-Anhang XV zur EU-Richtlinie 70/156/EWG	73
9.4	Internationale Gesetzgebung	74
9.4.1	ECE-Regelung 13 [ECE13]	74
9.4.2	Artikel 8 (2) c der EU-Richtlinie 70/156/EWG	75
9.5	Standardisierungsarbeiten	76
10	Erarbeitung von Anforderungen an die Typprüfung und technische Überwachung	76
10.1	Vorbemerkungen	77
10.2	Anforderungen an die ECE-Regelung Nr. 13	77
10.2.1	Begriffsbestimmung „automatisch geregelte Bremsung“	79
10.2.2	Vorschriften	79
10.3	Zufügung eines neuen Anhangs 16 zur ECE-R13 (Anforderungen von Fahrzeugsystemen mit elektronischen Komponenten)	82
10.4	Erarbeitung von Anforderungen hinsichtlich der technischen Überwachung	93
10.5	Vorschlag zur technischen Überwachung von Fahrdynamikregelsystemen mit Bremseneingriff	95
11	Empfehlungen für notwendige Änderungen der Vorschriften mit entsprechender jeweiliger Begründung	97
11.1	ECE-Regelung Nr. 13	97
11.2	ECE-R 13 - Anhang 16	97
11.3	Begründung	100
11.4	ECE-Regulation No. 13	101
11.5	ECE-R 13 - Annex 16	102
11.6	Justification	105
12	Zusammenfassung	106
13	Literatur	108