

# Inhaltsverzeichnis

Danksagung .....	i
Zusammenfassung .....	iii
Abstract.....	iv
<b>TEIL I EINLEITUNG.....</b>	<b>1</b>
1 Motivation und Ziel.....	3
1.1 Bedeutung eingebetteter Software.....	3
1.2 Einführung in die Entwicklung eingebetteter Software.....	4
1.3 Motivation für die Betrachtung sicherheitskritischer Fehler .....	6
1.4 Problemstellung.....	8
1.5 Ziel der Arbeit .....	9
1.6 Aufbau der Arbeit.....	10
2 Grundlagen.....	11
2.1 Software in eingebetteten Systemen.....	11
2.1.1 Sicherheit eingebetteter Software .....	12
2.1.2 Sicherheitskritische Fehler in eingebetteter Software .....	13
2.2 Softwaretest .....	14
2.2.1 Modellbasierter Softwaretest .....	15
2.2.2 Test eingebetteter Software.....	16
2.3 Sicherheitsanalyse .....	17
3 Stand der Wissenschaft .....	19
3.1 Bewertungsrahmen .....	19
3.2 Arbeiten zur codebasierten Testfallpriorisierung .....	21
3.2.1 Elbaum et al. und Rothermel et al. 1999 bis 2003 .....	21
3.2.2 Elbaum et al. 2001 .....	22
3.2.3 Kim und Porter 2002.....	23
3.2.4 Jones und Harrold 2003 .....	23
3.2.5 Srivastava und Thiagarajan 2002 und Czerwonka et al. 2011 .....	23
3.2.6 Walcott et al. 2006 und Zhang et al. 2009 .....	24
3.2.7 Yoo et al. 2009.....	25
3.3 Arbeiten zur anforderungsbasierten Testfallpriorisierung .....	25
3.3.1 Chen et al. 2002 und 2003 .....	26
3.3.2 Srikanth et al. 2005 und 2006 .....	26
3.3.3 Ramasamy und Mary 2008 .....	27
3.3.4 Srivastava et al. 2008 .....	28
3.3.5 Le et al. 2009.....	28

3.3.6	Kumar et al. 2010.....	29
3.4	Arbeiten zur modellbasierten Testfallpriorisierung .....	29
3.4.1	Yu und Lau 2002.....	29
3.4.2	Korel et al. 2005 und 2007.....	30
3.4.3	Fraser und Wotawa 2007.....	31
3.4.4	Malz et al. 2011.....	31
3.5	Sonstige Arbeiten zur Testfallpriorisierung.....	32
3.5.1	Srivastava 2008 und Kavitha und Sureshkumar 2010.....	32
3.6	Arbeiten von allgemeiner thematischer Relevanz.....	33
3.6.1	Risikobasierte Testfallableitung.....	33
3.6.2	Integration von Sicherheitsanalysen und Softwaretests .....	35
3.6.3	Integration von Sicherheitsanalysen und modellbasierter Softwareentwicklung .....	36
3.7	Zusammenfassende Bewertung und Fazit.....	37
<b>TEIL II SICHERHEITSBASIERTE TESTFALLPRIORISIERUNG.....</b>		<b>41</b>
4	Lösungsansatz .....	43
4.1	Idee .....	43
4.2	Ausgestaltung .....	43
4.2.1	Priorisierung logischer Testfälle .....	44
4.2.2	Modellbasierte Testfallpriorisierung .....	45
4.3	Bestandteile .....	45
5	Dokumentation von Sicherheitsanalyseergebnissen.....	49
5.1	Verwendung von Sicherheitsanalyseergebnissen .....	49
5.1.1	Sicherheitsanalyse durch FMECA .....	50
5.2	Erstellung sicherheitsgerichteter Testmodelle .....	51
5.2.1	Verwendung von Aktivitätsdiagrammen.....	52
5.2.2	Abbildung von Kritizitätswerten auf Aktionen .....	52
5.2.3	Attributierung von Aktionen .....	54
6	Bewertung von Testfällen.....	57
6.1	Bewertungskriterien.....	57
6.2	Bewertung nach Modell- und Sicherheitsüberdeckung .....	58
7	Festlegung von Testfallfolgen .....	61
7.1	Priorisierungsansätze für Testfallmengen.....	61
7.2	Priorisierung nach Modellüberdeckung.....	62
7.2.1	Priorisierung nach totaler Aktionsüberdeckung .....	62
7.2.2	Priorisierung nach additionaler Aktionsüberdeckung .....	62
7.3	Priorisierung nach Sicherheitsüberdeckung.....	63
7.3.1	Priorisierung nach totaler Kritizitätsüberdeckung.....	63
7.3.2	Priorisierung nach additionaler Kritizitätsüberdeckung .....	64
7.4	Priorisierung nach kombinierter Modell- und Sicherheitsüberdeckung.....	64

7.4.1	Priorisierung nach totaler Aktions- und Kritizitätsüberdeckung .....	64
7.4.2	Priorisierung nach additionaler Aktions- und Kritizitätsüberdeckung .....	67
7.5	Überblick und Anwendung .....	69
<b>TEIL III EXPERIMENTELLE VALIDIERUNG.....</b>		<b>73</b>
8	Planung .....	75
8.1	Ziel .....	75
8.2	Forschungsfragestellungen .....	76
8.3	Metrik .....	76
8.4	Software .....	78
8.4.1	Autopiloten-Software .....	79
8.4.2	Avioniktypischer Softwareentwicklungsprozess .....	79
8.5	Fehler .....	80
8.5.1	Manuelle Fehlereinstreuung .....	80
8.5.2	Automatische Mutation .....	81
8.5.3	Erzeugung sicherheitskritischer Fehler .....	82
8.5.4	Manuelle Einstreuung sicherheitskritischer Fehler .....	82
8.6	Testfälle .....	85
8.6.1	Avioniktypisches Testziel .....	85
8.6.2	Modellbasierte Testfallentwicklung .....	86
8.7	Sicherheitsanalyseergebnisse .....	89
9	Durchführung .....	91
9.1	Testumgebung .....	91
9.1.1	Flugsimulatoren-Software .....	91
9.1.2	Integration der Autopiloten-Software .....	92
9.2	Pretest .....	92
9.3	Test .....	93
9.4	Priorisierungs-Software .....	96
9.5	Testfallpriorisierung .....	97
9.5.1	Sicherheitsbasierte Testfallpriorisierung .....	98
9.5.2	Nicht-sicherheitsbasierte Testfallpriorisierung .....	99
9.5.3	Kontrolltechniken .....	101
9.5.4	Überblick .....	103
10	Auswertung .....	105
10.1	Mess-Software .....	105
10.2	Statistik-Software .....	106
10.3	Deskriptive Statistik .....	106
10.4	Statistische Signifikanz .....	109
10.5	Effektstärke .....	112
11	Diskussion .....	117

11.1	Interpretation der Ergebnisse .....	117
11.1.1	Beantwortung der Forschungsfragestellungen .....	117
11.1.2	Untersuchung der Vorhersagbarkeit .....	120
11.1.3	Untersuchung des Verbesserungspotentials .....	122
11.2	Validität der Ergebnisse .....	122
11.2.1	Externe Validität .....	122
11.2.2	Interne Validität .....	125
11.2.3	Konstruktvalidität .....	127
<b>TEIL IV ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK .....</b>		<b>129</b>
12	Beitrag der Arbeit .....	131
13	Kritische Betrachtung .....	133
14	Ausblick .....	135
14.1	Verbesserungspotential .....	135
14.2	Nutzenpotential .....	136
<b>ANHANG .....</b>		<b>139</b>
A	Anforderungen .....	141
B	Testfälle .....	143
C	Testfallmengen .....	161
D	Sicherheitsanalyseergebnisse .....	163
E	Abbildungsverzeichnis .....	167
F	Tabellenverzeichnis .....	169
G	Definitionsverzeichnis .....	171
H	Beispielverzeichnis .....	173
I	Algorithmenverzeichnis .....	175
J	Literaturverzeichnis .....	177