

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>3</b>
<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>5</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>6</b>
<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>7</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>8</b>
<b>1 Einleitung .....</b>	<b>1</b>
<b>2 Stand der Forschung und Technik .....</b>	<b>6</b>
2.1 Die Entwicklung des Risikobegriffs und ausgewählte Ansätze zur Beherrschung der Risiken .....	7
2.1.1 Der Risikobegriff und Methoden zur Absicherung klassischer Automatisierungssysteme .....	7
2.1.2 Der Risikobegriff und Methoden zur Absicherung von intelligenten Automatisierungssystemen .....	8
2.1.3 Der Risikobegriff und Methoden zur Absicherung von autonomen Systemen .....	11
2.2 Systematische Literaturstudie zur Absicherung autonomer Systeme .....	14
2.3 Ansätze zur Risikoschätzung .....	19
2.4 Ansätze zur Erfassung der Situation .....	20
2.5 Identifikation der Forschungslücke .....	24
<b>3 Entwicklung einer Modellierung des situativen Risikos und eines Schätzkonzepts .....</b>	<b>29</b>
3.1 Ansatz zur Modellierung des Situation-Awareness-Levels .....	29
3.2 Integration des Situationsbezugs in den Risikobegriff .....	32
3.3 Integration der Situation Awareness in eine betriebsparallele Simulation .....	34
3.3.1 Das Abbilden der Situation Awareness in die Simulation .....	35
3.3.2 Iterative Verbesserung der Situation Awareness .....	36
3.4 Konzept zur Abschätzung des situativen Risikos .....	37
3.5 Zusammenfassung .....	44
<b>4 Entwicklung eines situativen Risikoschätzers .....</b>	<b>46</b>
4.1 Entwicklung eines „Monitored Space Observers“ .....	48
4.2 Entwicklung von Fehlerinjektoren auf Basis von Reinforcement-Learning-Agenten .....	49
4.2.1 Identifikation der Reinforcement-Learning-Agenten mit Hilfe der systemtheoretischen Prozessanalyse .....	50
4.2.2 Einbettung der Agenten in eine Simulationsumgebung .....	56
4.2.3 Integration der Störwahrscheinlichkeiten in die Agenten .....	58
4.3 Entwicklung eines Wahrscheinlichkeitsschätzers .....	60
4.3.1 Spieltheoretische Ereignisgraphen .....	61
4.3.2 Algorithmus zur Wahrscheinlichkeitsschätzung .....	64

4.3.3	Fehlerschranken .....	66
4.4	Maßnahmen zur Komplexitätsbeherrschung .....	69
4.5	Zusammenfassung .....	70
<b>5</b>	<b>Realisierung der situativen Risikobeurteilung .....</b>	<b>71</b>
5.1	Realisierung digitaler Zwillinge .....	71
5.2	Realisierung der Agenten zur Fehlerinjektion .....	74
5.3	Realisierung der Risikobeurteilung .....	81
<b>6</b>	<b>Evaluierung.....</b>	<b>83</b>
6.1	Experimente zur Evaluierung der Fehlerinjektoren.....	84
6.2	Evaluierung der Fehlerinjektoren .....	88
6.3	Versuchsaufbau zur Überprüfung der Anforderungen .....	94
6.4	Validierung der Anforderungen.....	99
6.4.1	Validierung der Situation Awareness .....	99
6.4.2	Validierung der Szenariensuche und der Risikobeurteilung.....	106
6.4.3	Validierung der Interpretierbarkeit .....	110
6.4.4	Einordnende Schlussfolgerung .....	114
6.5	Versuchsaufbauten zur Demonstration der Effektivität des Konzepts in Automatisierungsszenarien.....	116
6.6	Evaluation der Effektivität der Risikobeurteilung.....	119
6.7	Experimente zur Übertragbarkeit .....	123
6.8	Evaluation der Übertragbarkeit auf weitere Demonstratoren.....	126
<b>7</b>	<b>Fazit und Ausblick .....</b>	<b>131</b>
	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>135</b>
	<b>Glossar.....</b>	<b>144</b>