

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	V
Abbildungsverzeichnis	XI
Tabellenverzeichnis	XV
Abkürzungsverzeichnis	XVII
Symbolverzeichnis	XXI
Abstract	XXV
Kurzfassung	XXXI
1 Einleitung und Motivation	1
1.1 Literaturübersicht und weiterer Forschungsbedarf	3
1.2 Zielsetzung und Aufbau der Arbeit	7
2 Stand der Technik	9
2.1 Fahrzeugsteuergeräte – Entwicklung und Architektur	9
2.2 Steuergerätezugriff zur Datenstandsapplikation	15
2.3 Automatisierte Steuergeräteapplikation	16
2.3.1 Statistische Versuchsplanung	17
2.3.2 Meta-Modellbildung	21
2.3.3 Multikriterielle Parameteroptimierung	25
3 Grundlagen und Methoden	29
3.1 Das maschinelle Lernen	29
3.1.1 Reinforcement Learning	31
3.1.2 Finite Markov-Entscheidungsprozesse	33
3.1.3 Model-Free Control und Q-Learning	38
3.1.4 Approximation der Wertefunktion	42
3.2 Fahrsimulation	45
3.2.1 Motion Cueing – Begriffserklärung	45
3.2.2 Bewegungswahrnehmung des Menschen	47
3.2.3 Der Stuttgarter Fahrsimulator	51

4	Virtuelle Steuergeräteapplikation	53
4.1	Selbstlernender Optimierungsalgorithmus	53
4.1.1	Abstraktion der Reinforcement Learning Umgebung	53
4.1.2	Definition des Zustandsraumes	55
4.1.3	Bildung des Aktionsraumes	56
4.1.4	Rewardfunktion zur Bewertung kooperativer Handlungen	57
4.1.5	Netzwerkarchitektur der selbstlernenden Optimierung	61
4.1.6	Training der Agenten	64
4.2	Umsetzung der Software-in-the-Loop-Testumgebung	66
4.2.1	Virtuelles Steuergerät	67
4.2.2	Modellbildung	71
4.2.3	Validierung der Gesamtfahrzeugsimulation	83
4.2.4	Verkopplung des Fahrsimulators	88
4.2.5	Beurteilung längsdynamischer Schaltkomfortapplikationen	90
5	Ergebnisse	93
5.1	Der Optimierungsalgorithmus im Benchmark	93
5.1.1	Betrachtung der Methodik aus dem Stand der Technik	93
5.1.2	Evaluierung des selbstlernenden Optimierungsansatzes	98
5.2	Virtuelle Schaltkomfortoptimierung	102
5.2.1	Problembeschreibung	102
5.2.2	Anwendung der selbstlernenden Optimierungsmethodik	103
5.3	Untersuchungen im Fahrsimulator	107
5.3.1	Evaluierung der Motion Cueing Algorithmen	107
5.3.2	Expertenstudie	112
6	Schlussfolgerung und Ausblick	117
Literaturverzeichnis		121
A	Anhang	143
A.1	Trendentwicklung – Fahrzeugmodelle und Derivatisierung	143
A.2	Einleitung – Erweiterte Literaturübersicht	145
A.3	Fahrzeugsteuergeräte – Hardware und Funktionsprinzip	152
A.4	Die Koksma-Hlawka-Ungleichung	155
A.5	Weitere Ansätze zur Ersatzmodellbildung	156
A.6	Gängige Gütekriterien zur Beurteilung der Modellqualität	167
A.7	Zeitliche Komplexität zur Bestimmung des Hypervolumens	168

A.8	Interaktion mit SUMO	169
A.9	Fahrzeugparameter des Versuchsträgers	170
A.10	Beschreibung der ZDT-Testfunktionen	171
A.11	Paretoabdeckung der Funktionen ZDT2, 4 und 6	173
A.12	Konfiguration der selbstlernenden Optimierungsmethodik	174
A.13	Paretoabdeckung optimierter Schaltungsvorgänge	175
A.14	Frequenzanalyse der Versuchsdatensätze	176
A.15	Fragebogen der Expertenstudie	177
A.16	Teilnehmerfeld der Expertenstudie	179