

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	i
1 Einführung	1
1.1 Beschreibung und Motivation	1
1.2 Zielsetzung und wissenschaftlicher Beitrag	3
1.3 Lösungsansätze	3
1.4 Aufbau und Kapitelübersicht	5
2 Stand der Forschung – Autonomes Fahren	7
2.1 Einführung	7
2.2 Forschungsgruppen	7
2.2.1 Universität der Bundeswehr, München	7
2.2.2 Universität Karlsruhe, Fraunhofer IITB, Karlsruhe	8
2.2.3 Università di Parma, Artificial Vision and Intelligent Systems Laboratory (VisLab), Parma, Italien	9
2.2.4 Carnegie Mellon University, Pittsburgh, USA	11
2.2.5 Stanford University, Stanford, USA	12
2.2.6 Weitere Gruppen	13
2.3 Verhaltensentscheidung	14
2.3.1 Verhaltensentscheidung mittels endlicher Zustandsautomaten	14
2.3.2 Verhaltensentscheidung mittels Situationsgraphenbäumen	15
2.3.3 Verhaltensentscheidung mittels Fähigkeitsnetzen	16
2.4 Bahnplanung für Automobile	18
2.4.1 Allgemeine Ansätze zur Bahnplanung	21
2.4.2 Bahnplanung für Parkmanöver	22
2.5 Fazit	24
3 Verhaltenssteuerung	27
3.1 Einführung	27
3.2 Anforderungen an die Verhaltenssteuerung	27
3.3 Entwurf	29
3.3.1 Schnittstellen	31
3.3.2 Aufbau und Strukturierung des Verhaltensnetzwerkes	35
3.3.3 Verhalten der einzelnen Schichten	40
3.3.4 Virtuelle Sensoren und Koppelung von Verhalten	43

3.3.5	Berechnungsmethoden in der Übersicht	45
3.4	Software-System	46
3.4.1	Übersicht	46
3.4.2	Koordination von Ausführungsfäden	49
3.4.3	Testumgebung	50
3.5	Akkumulation von Erfahrungswissen	51
4	Bahnplanung	53
4.1	Einführung	53
4.2	Dynamische Gefahrenkarten	53
4.2.1	Hindernisrepräsentation	54
4.2.2	Fahrintentionen	56
4.3	Bewegungsschätzung nicht klassifizierter Objekte	57
4.3.1	Variablendefinitionen	59
4.3.2	Dekomposition der Verbundwahrscheinlichkeit	60
4.3.3	Filtermodelle	61
4.3.4	Berechnung	63
4.3.5	Berücksichtigung von Hintergrundwissen	65
4.3.6	Filterergebnisse	66
4.4	Bahnplanung	67
4.4.1	Kürzeste-Weg-Suche	69
4.4.2	Gefahren-Minimierung und Verwendung dynamischer Gefahrenkarten	80
4.5	Bewegungsplanung	83
4.6	Bahnplanung für die Urban Challenge 2007	85
5	Regelung	89
5.1	Einführung	89
5.2	Regelungskonzept	90
5.3	Versuchsplattform <i>Smart Roadster</i>	92
5.4	Umbau und Fahrzeugbereitstellung	93
5.4.1	Sicherheitskonzept	93
5.4.2	Drive-by-Wire-Umsetzung	94
5.5	Längsregelung	99
5.5.1	Geschwindigkeitsregler (Tempomat)	100
5.5.2	Bremsdruckregelung	103
5.6	Querregelung	103
6	Ergebnisse und Evaluation	107
6.1	Ergebnisse	107
6.1.1	Testumgebung	107
6.1.2	Evaluationskriterien und Testszenarien	108
6.1.3	Test der Verhaltenssteuerung	109
6.2	Evaluation	124
6.2.1	Zielsetzung	124
6.2.2	Anforderungen	126

7	Schlussbetrachtungen	129
7.1	Zusammenfassung	129
7.2	Ausblick	131
A	Paradigmen in der Robotik	133
A.1	Funktionsbasierte, deliberative Ansätze	134
A.1.1	Shakey	134
A.1.2	NASREM	135
A.2	Reaktive, verhaltensbasierte Ansätze	137
A.2.1	Subsumption Architecture	137
A.2.2	Motor Schemas	139
A.3	Hybride Ansätze	141
A.3.1	Verhaltensnetzwerke	141
A.3.2	JPL Exploratory Robot Architecture	143
A.3.3	AuRA-Architektur	144
A.4	Fazit	145
B	Wissensmodellierung und Entscheidungsfindung	147
B.1	Endliche Automaten	148
B.2	Petri-Netze	150
B.3	Aussagenlogik und Prädikatenlogik	151
B.4	Fuzzy-Logik	153
B.5	Bayes'sche Netze	156
B.6	Entscheidungsbäume	158
B.7	Fallbasiertes Schließen	159
B.8	Fazit	160
C	Umfeldkartierung	163
C.1	Quad-Trees	163
C.2	Sichtbarkeitsgraph	164
C.3	Voronoi-Diagramme	164
C.4	Belegtheitskarten	166
C.5	Bayesian Occupancy Filter (BOF)	169
C.6	Fazit	171
D	Bahnplanungsalgorithmen	173
D.1	Potenzialfeldmethode	173
D.2	Dijkstra	175
D.3	A*	176
D.4	D*	178
D.5	Rapidly-exploring Random-Trees (RRTs)	179
D.6	Elastische Bänder	180
D.7	Fazit	180

E Systemarchitektur des Sonderforschungsbereiches	183
E.1 Systemkomponenten	184
E.2 Simulationsumgebung	185
E.3 Fahrzeugausstattung	186
Literatur	195