

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis

xiii

1 Einleitung und Motivation	1
1.1 Forschungsziele	3
1.2 Forschungsvorgehen	4
1.2.1 Definition des Bewegungsverhaltens	4
1.2.2 Beschreibung des Bewegungsverhaltens	6
1.2.3 Modellierung des Bewegungsverhaltens	6
1.2.4 Anpassung des Modells an das Verhalten eines Objekts	7
1.2.5 Umsetzung als dynamisches Bewegungsmodell	7
1.3 Aufbau der Arbeit	7
2 Stand der Forschung	9
2.1 Bewegungsmodelle	9
2.1.1 Nichtmanöver Modelle	11
2.1.2 Manöver Modelle	11
2.1.3 Probabilistische Bewegungsmodelle	14
2.2 Maschinelles Lernen	15
2.2.1 Ortsdiskrete Modellierung von Bewegungen	16
2.2.2 Zielbasierte Modellierung von Bewegungen	17
2.2.3 Clustering von Bewegungssegmenten	18
2.2.4 Weitere Ansätze zur Modellierung	19
2.3 Fazit	21
3 Domänentransformation	23
3.1 Anforderungen an die Darstellung von Trajektorien	24
3.1.1 Rotations-, Skalierungs- und Translationsunabhängigkeit	24
3.1.2 Abbildungsgenauigkeit der Trajektoriendarstellung	25
3.1.3 Echtzeitfähigkeit und Latenzfreiheit der Transformation	26
3.1.4 Lesbarkeit und Informationsgehalt der Darstellung	26
3.2 Stand der Technik	27
3.2.1 Standards für Trajektorien	27
3.2.2 Abstrakte Darstellungen	28
3.2.3 Darstellung als formale Sprache	30
3.2.4 Fazit	31
3.3 Trajectory Behavior Language	31

ix

3.3.1	Physikalische Größen von Trajektorien	31
3.3.2	Formale Sprache	33
3.3.3	Interpretation der TBL	41
3.3.4	Transformation der TBL	44
3.3.5	Wiederholungserkennung	54
3.4	Evaluation der Trajectory Behavior Language	65
3.4.1	Evaluierung des Transformationsalgorithmus	66
3.4.2	Evaluierung des Algorithmus zur Wiederholungserkennung	73
3.5	Zusammenfassung	79
4	Trajektorienmodell	83
4.1	Anforderungen an das Trajektorienmodell	84
4.2	Stand der Forschung	85
4.2.1	Trajektorienbasierte Ansätze	85
4.2.2	Modellbasierte Ansätze	88
4.2.3	Symbolbasierte Ansätze	89
4.2.4	Fazit	90
4.3	Kurztutorium zu Hidden Markov und Profile Hidden Markov Modellen	91
4.3.1	Markov Ketten	92
4.3.2	Hidden Markov Modelle	92
4.3.3	Profile Hidden Markov Modelle	92
4.3.4	Emissionsmodellierung	97
4.3.5	Problemstellungen	100
4.4	Konstruktion des Trajektorienmodells	109
4.4.1	Topologie des Trajektorienmodells	109
4.4.2	Emissionsmodellierung des Trajektorienmodells	110
4.4.3	Modelloperationen des Trajektorienmodells	121
4.4.4	Fazit	126
4.5	Evaluation des Trajektorienmodells	126
4.5.1	Auswirkungen von Rauschen auf die von Mises Verteilung	127
4.5.2	Modellabdeckung des Trajektorienmodells	131
4.5.3	Klassifikation von Bewegungen	133
4.6	Zusammenfassung	134
5	Verhaltensmodell	137
5.1	Anforderungen an das Verhaltensmodell	138
5.2	Stand der Forschung	140
5.2.1	Segmentierung und Clustering von Trajektorien	140
5.2.2	Modellierung und Analysen von Verhalten	142
5.2.3	Verhalten als Bewegungsprädiktion	142
5.2.4	Fazit	143
5.3	Konstruktion des Trajectory Behavior Models	143
5.3.1	Topologie des Trajectory Behavior Models	144
5.3.2	Offline-Segmentierung und Training	145

5.3.3	Segmentierung und Training zur Laufzeit	150
5.3.4	Modelloperationen	161
5.3.5	Komplexität der Algorithmen	167
5.3.6	Zusammenfassung	168
5.4	Evaluation des Verhaltensmodells	169
5.4.1	Erlernen des Bewegungsverhaltens	169
5.4.2	Prädiktion der Bewegung	176
5.5	Zusammenfassung	180
6	Zusammenfassung und Ausblick	183
6.1	Zusammenfassung	183
6.2	Ausblick	185
Literaturverzeichnis		187
Abbildungsverzeichnis		199
Tabellenverzeichnis		201
Algorithmenverzeichnis		203