



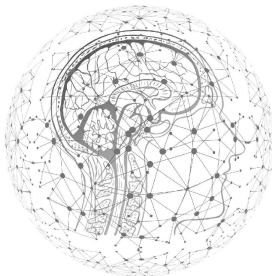
Friederike Schneemann (Autor)

# Erkennung der Querungsintention von Fußgängern für das automatisierte Fahren im städtischen Umfeld

— KÜNSTLICHE INTELLIGENZ (KI) —  
DIGITALISIERUNG

Frederike Schneemann

Erkennung der Querungsintention von  
Fußgängern für das automatisierte  
Fahren im städtischen Umfeld



Energiewende 

Elektromobilität 

Medizin 

Kommunikation 

 Cuvillier Verlag Göttingen  
Internationaler wissenschaftlicher Fachverlag

<https://cuvillier.de/de/shop/publications/8860>

Copyright:

Cuvillier Verlag, Inhaberin Annette Jentsch-Cuvillier, Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen,  
Germany

Telefon: +49 (0)551 54724-0, E-Mail: [info@cuvillier.de](mailto:info@cuvillier.de), Website: <https://cuvillier.de>

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1	Motivation . . . . .	1
1.2	Zielsetzung . . . . .	6
1.3	Aufbau der Arbeit . . . . .	6
<b>2</b>	<b>Hintergrund der Fußgängerintentionserkennung</b>	<b>9</b>
2.1	Definitionen und Modelle der Intention . . . . .	10
2.1.1	Handlungstheoretische Modelle der Intention . . . . .	10
2.1.2	Beobachtungsbasierte Modelle der Intention . . . . .	12
2.2	Beobachtbares Fußgängerverhalten . . . . .	15
2.2.1	Theoretische Fußgängerdynamik . . . . .	16
2.2.2	Querungsverhalten . . . . .	17
2.3	Erkennung und Vorhersage von Fußgängerverhalten . . . . .	24
2.3.1	Trajektorienprädiktion . . . . .	25
2.3.2	Aktionserkennung . . . . .	30
2.3.3	Intentionserkennung . . . . .	36
2.4	Referenzmethoden . . . . .	38
2.4.1	Ground-Truth-basierte Referenzmethoden . . . . .	38
2.4.2	Beobachterbasierte Referenzmethoden . . . . .	39
2.5	Diskussion und Bewertung . . . . .	47
<b>3</b>	<b>Hintergrund des maschinellen Lernens</b>	<b>55</b>
3.1	Arten des maschinellen Lernens . . . . .	56

3.1.1	Überwachtes Lernen . . . . .	56
3.1.2	Unüberwachtes Lernen . . . . .	60
3.2	Support Vector Machines (SVMs) . . . . .	60
3.2.1	SVMs zur Klassifikation . . . . .	60
3.2.2	SVMs zur Regression . . . . .	65
3.2.3	SVMs bei unausgewogenen Daten . . . . .	66
3.2.4	Vor- und Nachteile der SVMs . . . . .	67
3.3	Beurteilung maschineller Lernverfahren . . . . .	68
3.3.1	Kreuzvalidierung . . . . .	68
3.3.2	Beurteilungsmetriken der Klassifikation . . . . .	69
3.3.3	Beurteilungsmetriken der Regression . . . . .	74
3.4	Visuelle Deskriptoren für Merkmalsbasiertes Lernen . . . . .	76
3.4.1	Histograms of Oriented Gradients (HOG) . . . . .	77
3.4.2	Local Binary Pattern (LBP) . . . . .	79
3.5	Diskussion und Bewertung . . . . .	81
<b>4</b>	<b>Referenzbildung durch beobachterbasierte Videoannotation</b>	<b>85</b>
4.1	Methode . . . . .	85
4.1.1	Datenbasis . . . . .	88
4.1.2	Stichprobe . . . . .	88
4.2	Ergebnisse . . . . .	90
4.2.1	Verteilung der Beobachterurteile . . . . .	90
4.2.2	Beobachterübereinstimmung . . . . .	91
4.2.3	Beobachterreliabilität . . . . .	92
4.3	Diskussion und Bewertung . . . . .	95
<b>5</b>	<b>Algorithmus zur Erkennung der Querungsintention</b>	<b>99</b>
5.1	Überblick . . . . .	99
5.2	Kontextbasierte Erkennung der Querungsintention . . . . .	102
5.2.1	Context-based Movement History Image (CMHI) . . . . .	103
5.2.2	Context-based Histograms of Oriented Gradients (CHOG) . . . . .	107

5.2.3	Crosswalk Occupancy (CO) . . . . .	108
5.2.4	Waiting Area Occupancy (WAO) . . . . .	109
5.3	Posenbasierte Erweiterung zur Erkennung der Querungsintention . . . . .	110
5.3.1	Betrachtete Merkmale . . . . .	110
5.3.2	Implementierung der Merkmalsextraktion . . . . .	111
5.4	Training und Anwendung der SVR . . . . .	117
5.4.1	Training der SVR . . . . .	117
5.4.2	Anwendung der SVR . . . . .	119
<b>6</b>	<b>Evaluation</b> . . . . .	<b>121</b>
6.1	Datenbasis . . . . .	121
6.1.1	Fußgängererkennung . . . . .	122
6.1.2	Fahstreifenerkennung . . . . .	130
6.1.3	Szenenelemente . . . . .	130
6.1.4	Situationskennung . . . . .	132
6.2	Evaluationsmethodik . . . . .	134
6.2.1	Kreuzvalidierung . . . . .	134
6.2.2	Samplebasierte Evaluation . . . . .	137
6.2.3	Objektbasierte Evaluation . . . . .	139
6.3	Ergebnisse: Kreuzvalidierung . . . . .	140
6.3.1	Samplebasierte Ergebnisse . . . . .	140
6.3.2	Diskussion und Bewertung . . . . .	141
6.4	Ergebnisse: Kontextbasierter Ansatz . . . . .	143
6.4.1	Samplebasierte Ergebnisse . . . . .	143
6.4.2	Objektbasierte Ergebnisse . . . . .	161
6.4.3	Diskussion und Bewertung . . . . .	182
6.5	Ergebnisse: Posenbasierte Erweiterung . . . . .	189
6.5.1	Samplebasierte Ergebnisse: MCHOG, PAF, HOG . . . . .	189
6.5.2	Samplebasierte Ergebnisse: OF, LBP . . . . .	193
6.5.3	Diskussion und Bewertung . . . . .	193

<b>7</b>	<b>Schlussfolgerung und Ausblick</b>	<b>197</b>
	Literaturverzeichnis	218
	Abbildungsverzeichnis	225
	Abkürzungsverzeichnis	229
<b>A</b>	<b>Details zur Berechnung der Beobachterreliabilität</b>	<b>233</b>
A.1	Berechnung der Varianzbestandteile der $ICC$ . . . . .	233
A.2	Berechnung des Konfidenzintervalls der $ICC$ . . . . .	235
A.2.1	Konfidenzintervall für die $ICC_{unjust}$ . . . . .	235
A.2.2	Konfidenzintervall für die $ICC_{just}$ . . . . .	236
<b>B</b>	<b>Beobachterschulung und Beobachterbefragung</b>	<b>237</b>
B.1	Anleitung . . . . .	237
B.2	Fragebogen . . . . .	245
<b>C</b>	<b>Details der Implementierung</b>	<b>247</b>
C.1	Fahrzeugkoordinatensystem . . . . .	247
C.2	Labeltools . . . . .	247