



# Inhaltsverzeichnis

<b>Danksagung</b>	<b>I</b>
<b>Abstract</b>	<b>III</b>
<b>Kurzfassung</b>	<b>V</b>
<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>X</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>XI</b>
<b>I. Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>1. Motivation</b>	<b>3</b>
1.1. Lokalisierung im Fahrzeug . . . . .	4
1.2. Lokalisierung im Kontext des autonomen Fahrens . . . . .	7
1.2.1. Übersicht . . . . .	7
1.2.2. Verwandte Arbeiten . . . . .	11
1.3. Problemstellung . . . . .	13
<b>2. Zielsetzung dieser Arbeit</b>	<b>17</b>
2.1. Schwerpunkte dieser Arbeit . . . . .	17
2.2. Randbedingungen dieser Arbeit . . . . .	21
<b>3. Struktur dieser Arbeit</b>	<b>23</b>
<b>II. Stand der Technik</b>	<b>25</b>
<b>4. Probabilistische Verfahren</b>	<b>27</b>
4.1. Bayes-Filter . . . . .	27
4.1.1. Kalman-Filter . . . . .	28



## Inhaltsverzeichnis

4.1.2. Extended Kalman-Filter . . . . .	32
4.1.3. Partikel-Filter . . . . .	35
<b>5. Bewegungsmodell</b>	<b>41</b>
5.1. Constant Turn Rate and Velocity . . . . .	42
<b>6. Sensormodell</b>	<b>43</b>
6.1. Strahlenmodell . . . . .	43
<b>III. Umsetzung</b>	<b>49</b>
<b>7. Versuchsträger</b>	<b>51</b>
7.1. Vernetzung im Fahrzeug . . . . .	51
7.1.1. Kommunikation . . . . .	53
7.2. Sensorik . . . . .	53
7.2.1. Odometrie . . . . .	54
7.2.2. Ultraschall . . . . .	56
7.2.3. Kamerasystem . . . . .	58
<b>8. Umfeldmodell</b>	<b>61</b>
8.1. Geometrische Umfeldkarte . . . . .	61
8.2. Topologische Umfeldkarte . . . . .	62
8.2.1. Kartierte Landmarken . . . . .	64
8.2.2. Lage und Belegungszustand von Parkplätzen . . . . .	67
8.2.3. Übergabebereich . . . . .	69
<b>9. Ansätze zur Lokalisierung</b>	<b>71</b>
9.1. Partikel-Filter . . . . .	71
9.1.1. Überblick . . . . .	73
9.1.2. Sensormodell . . . . .	75
9.1.3. Bewegungsmodell . . . . .	86
9.1.4. Initialisierung . . . . .	86
9.1.5. Resampling . . . . .	88
9.1.6. Zusammenfassung . . . . .	90
9.2. Bildbasierte Lokalisierung . . . . .	91
9.2.1. Kamerakalibrierung . . . . .	92



9.2.2. Semi-natürliche Landmarken . . . . .	96
9.2.3. Künstliche Landmarken . . . . .	103
9.2.4. Gesamthypothese bildbasierter Posemessungen . . . . .	106
9.2.5. Extended Kalman-Filter . . . . .	107
9.2.6. Zusammenfassung . . . . .	111
<b>IV. Versuchsauswertung</b>	<b>113</b>
<b>10. Versuchsaufbau</b>	<b>115</b>
10.1. Systemarchitektur . . . . .	115
10.2. Szenarien . . . . .	121
10.2.1. Szenario 1 - Tiefgarage . . . . .	121
10.2.2. Szenario 2 - Parkhaus . . . . .	122
10.3. Referenzsystem . . . . .	123
<b>11. Ergebnisse</b>	<b>127</b>
11.1. Partikel-Filter . . . . .	127
11.1.1. Konfiguration 1 - Stand der Technik . . . . .	129
11.1.2. Konfiguration 2 - Eigenes Sensormodell . . . . .	129
11.1.3. Konfiguration 3 - Einführung Plausibilisierung . . . . .	130
11.1.4. Konfiguration 4 - Neues Resampling-Verfahren . . . . .	133
11.1.5. Konfiguration 5 - Einführung Gütemaß . . . . .	133
11.2. Bildbasierte Lokalisierung . . . . .	136
11.2.1. Semi-natürliche Landmarken . . . . .	138
11.2.2. Künstliche Landmarken . . . . .	138
11.2.3. Extended Kalman-Filter . . . . .	139
<b>12. Zusammenfassung</b>	<b>141</b>
12.1. Partikel-Filter . . . . .	142
12.2. Bildbasierte Lokalisierung . . . . .	143
<b>V. Fazit</b>	<b>145</b>
12.3. Zusammenfassung . . . . .	147
12.4. Ausblick . . . . .	148



*Inhaltsverzeichnis*

<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>151</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>157</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>159</b>