

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einleitung und Motivation</b>	<b>1</b>
1.1 Motivation . . . . .	1
1.2 Eigener Beitrag . . . . .	2
1.3 Struktur der vorliegenden Arbeit . . . . .	3
<b>2 Problemstellung</b>	<b>7</b>
2.1 Anforderungen an das Lokalisierungssystem . . . . .	7
2.2 Stand der Technik und relevante Lokalisierungssysteme . . . . .	9
2.3 Fazit . . . . .	15
<b>3 Entwurf eines Systems zur Fledermauslokalisierung</b>	<b>17</b>
3.1 Übersicht Sensornetzwerk . . . . .	18
3.2 Entwurf von Konzepten zur feldstärkebasierten Lokalisierung . . . . .	22
3.3 Zusammenfassung . . . . .	27
<b>4 Winkelschätzung basierend auf der Empfangsleistungsdifferenz von gerichteten Antennen</b>	<b>29</b>
4.1 Messmethodik . . . . .	29
4.2 Charakterisierung und Modellierung des Übertragungskanals . . . . .	32
4.3 Antennenentwurf für Empfangsleistungsdifferenz basierte Winkelschätzung	37
4.4 Zusammenfassung und Fazit . . . . .	49
<b>5 Positionsrechnung und Filterung</b>	<b>51</b>
5.1 Modellbildung des Messsystems . . . . .	52
5.2 Bayes'sches Filter . . . . .	53
5.3 Rasterbasiertes Filter . . . . .	59
5.4 Untersuchung der Leistungsfähigkeit des rasterbasierten Filters . . . . .	61
5.5 Analyse zur Auflösung von Mehrdeutigkeiten . . . . .	66
5.6 Zusammenfassung und Fazit . . . . .	73
<b>6 Entwurf der Lokalisierung basierend auf Empfangsleistungsdifferenzen</b>	<b>75</b>
6.1 Messmodell für Positionsschätzung . . . . .	75
6.2 Entwurf einer optimierten Antenne zur Lokalisierung basierend auf Empfangsleistungsdifferenzen . . . . .	76
6.3 Realisierung der Antennenprototypen für das Sensornetzwerk . . . . .	77
6.4 Simulative Validierung der Messmethodik . . . . .	81
6.5 Messtechnische Validierung der Messmethodik . . . . .	86
6.6 Zusammenfassung und Fazit . . . . .	92

<b>7 Entwurf der Lokalisierung basierend auf Empfangsleistungen</b>	<b>93</b>
7.1 Messmodell für Positionsschätzung . . . . .	93
7.2 Kanalmodell . . . . .	95
7.3 Simulative Validierung der Messmethodik . . . . .	99
7.4 Messtechnische Validierung der Messmethodik . . . . .	99
7.5 Zusammenfassung und Fazit . . . . .	104
<b>8 Fingerabdruckbasierte Lokalisierung mittels Kanalübertragungsfunktionen</b>	<b>107</b>
8.1 Messprinzip . . . . .	107
8.2 Beschreibung im Zeit- und Frequenzbereich . . . . .	110
8.3 Signalbeschreibung . . . . .	111
8.4 Herleitung des Messmodells . . . . .	112
8.5 Simulative Verifikation der Messmethodik . . . . .	120
8.6 Anpassung des Signals des mobilen Sensorknotens . . . . .	122
8.7 Statistische Eigenschaften von Kanalübertragungsfunktionen . . . . .	123
8.8 Simulative Verifikation mit reduzierten Fingerabdrücken . . . . .	124
8.9 Messtechnische Verifikation mit reduzierten Fingerabdrücken . . . . .	128
8.10 Zusammenfassung und Fazit . . . . .	129
<b>9 Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>133</b>
<b>10 Anhang</b>	<b>137</b>
10.1 Referenzmessungen von kommerziellen GPS-tracker . . . . .	137
10.2 Messung des Übertragungskanals im Waldgebiet bei Forchheim . . . . .	138
10.3 Architektur und Signalverarbeitung am stationären Sensorknoten . . . . .	140
10.4 Beschreibung des zentralen Servers im Sensornetzwerk . . . . .	142
10.5 Beschreibung der NTP-Server im Sensornetzwerk . . . . .	143
10.6 Lokalisierungsergebnisse der CFR-Methode . . . . .	144
10.7 Qualitätsmaße für zirkulare Anordnung von drei Dipolen . . . . .	147
10.8 Pfadverlustmodell für 2,4GHz . . . . .	148
10.9 Schätzung von Kanalübertragungsfunktion aus der Channel State Information	149
10.10k-NN und wk-NN Mittelung . . . . .	150
10.11Synthetische Messfunktionen zur Validierung der Schätzer . . . . .	151
<b>11 Abkürzungen</b>	<b>153</b>
<b>12 Nomenklaturverzeichnis</b>	<b>157</b>
<b>Literatur</b>	<b>169</b>