

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1	Motivation . . . . .	1
1.2	Aufbau . . . . .	4
<b>2</b>	<b>Grundlagen der Unterwasserakustik</b>	<b>7</b>
2.1	Einflüsse auf die Schallübertragung . . . . .	8
2.1.1	Schallausbreitungsverluste und Unterwassergeräusch . . . . .	9
2.1.2	Der Meeresboden und die Meeresoberfläche . . . . .	12
2.2	Schallgeschwindigkeit im Meerwasser . . . . .	14
2.2.1	Temperatur-, Salzgehalt- und Druckabhängigkeit . . . . .	14
2.2.2	Schallgeschwindigkeitsprofil und Messmethoden . . . . .	15
2.2.3	Geschwindigkeitsstruktur des Meeres . . . . .	17
2.3	Schallausbreitung im Meer . . . . .	19
2.3.1	Snelliussches Brechungsgesetz . . . . .	19
2.3.2	Mehrwegeausbreitung . . . . .	22
2.3.3	Grundlegende Schallausbreitungsarten . . . . .	23
2.4	Zusammenfassung . . . . .	28
<b>3</b>	<b>Schallausbreitungstheorie und Strahlverfolgung</b>	<b>31</b>

3.1	Wellengleichung . . . . .	32
3.2	Ausbreitungstheorie und -modelle . . . . .	32
3.2.1	Strahlenmodelle und Wellenmodelle . . . . .	33
3.2.2	Strahlentheorie versus Normalmodentheorie . . . . .	34
3.2.3	Ansätze grundlegendster Modellarten . . . . .	35
3.3	Angewandtes Kanalmodell: Strahlverfolgungsmodell BELLHOP . . . . .	39
3.3.1	Allgemeine Beschreibung des Modells BELLHOP . . . . .	40
3.3.2	Theoretische Beschreibung und numerische Aspekte . . . . .	44
<b>4</b>	<b>Entfernungsbestimmung zur Positionierung</b>	<b>47</b>
4.1	Grundlegendes zur Entfernungsbestimmung . . . . .	49
4.1.1	Konventionelle Entfernungsbestimmung . . . . .	49
4.1.2	Methode mit segmentweiser Schallgeschwindigkeit . . . . .	51
4.1.3	Entfernung von Ausbreitungspfaden: Fallstudien . . . . .	52
4.1.4	Mehrwegepfade und Kanalimpulsantwort . . . . .	63
4.2	Modellbasierter Entfernungsschätzer . . . . .	69
4.2.1	Analyse der Entfernungsschätzgenauigkeit . . . . .	74
4.3	Auswirkungen der Kanalparameter . . . . .	85
4.3.1	Schallgeschwindigkeitsunsicherheiten . . . . .	85
4.3.2	Weitere Parameterunsicherheiten: Fallstudien . . . . .	105
<b>5</b>	<b>Positionsschätzung</b>	<b>115</b>
5.1	Grundlagen und Stand der Technik . . . . .	117
5.1.1	Akustisches SBL-Positionierungssystem . . . . .	122
5.1.2	Akustisches USBL-Positionierungssystem . . . . .	125
5.1.3	Akustisches LBL-Positionierungssystem / LBL-basierte Navigation	127

5.1.4	Transpondereinmessung . . . . .	135
5.2	Vorgeschlagener Positionierungsalgorithmus . . . . .	153
5.2.1	Kurzfassung . . . . .	153
5.2.2	Einleitung und Motivation . . . . .	153
5.2.3	Modifikation der Hough-Transformation auf das Transponderlokalisierungsproblem . . . . .	155
5.2.4	MHT-basierter Lokalisierungsansatz . . . . .	161
5.2.5	Genauigkeitsanalyse, numerische Ergebnisse und Auswertung . . . .	167
5.2.6	Fazit . . . . .	181
5.3	Vergleich mit Least-Squares-Methode . . . . .	181
5.3.1	Ellipsenformen als Transpondereinmessungsroute . . . . .	185
5.3.2	Einfluss der $x, y$ -Abdeckung der Einmessungsellipsenformen . . . .	188
6	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>205</b>
A	<b>Überblick über Quellcode des Modells BELLHOP und mathematischer Ansatz</b>	<b>213</b>
B	<b>Ergänzende Berechnungen</b>	<b>225</b>
B.1	Berechnung der Entfernung zwischen zwei Breiten- und Längengradpunkten nach Vincenty . . . . .	225
B.2	Dezimalgrad und Nachkommastellen . . . . .	226
C	<b>Akronyme und Abkürzungen</b>	<b>227</b>
D	<b>Notation</b>	<b>229</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>237</b>