

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	1
1.1 Motivation	1
1.2 Aufbau	4
2 Grundlagen der Unterwasserakustik	7
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
3 Schallausbreitungstheorie und Strahlverfolgung	31

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
4	Entfernungsbestimmung zur Positionierung	47
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
5	Positionsschätzung	115
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	Zusammenfassung und Ausblick	205
A	Überblick über Quellcode des Modells BELLHOP und mathematischer Ansatz	213
B	Ergänzende Berechnungen	225
B.1	Berechnung der Entfernung zwischen zwei Breiten- und Längengradpunkten nach Vincenty	225
B.2	Dezimalgrad und Nachkommastellen	226
C	Akronyme und Abkürzungen	227
D	Notation	229
	Literaturverzeichnis	237