

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	4
Tabellenverzeichnis	7
Abkürzungsverzeichnis	8
Kurzfassung	10
Abstract	12
1 Einleitung	14
1.1 Einführung	14
1.2 Anforderungen	17
1.3 Zielsetzung	19
1.4 Problemstellung	20
1.5 Überblick über die Arbeit	21
2 Stand der Forschung und Technik	23
2.1 Einordnung von UAVs in die Robotik	23
2.2 Das Bahnplanungsproblem	25
2.3 Umgebungs- und Robotermodell	26
2.4 Koordinatenraum	28
2.5 Einordnung der Problemstellung	30
2.6 Bahnplanung in dynamischer Umgebung	32
2.6.1 Globale Methoden	33
2.6.2 Reaktive Methoden	37
2.6.3 Gemischte Methoden	40
2.7 Defizite und Stärken	41
2.8 Bewertung, Zusammenfassung und Fazit	49

3	Voruntersuchung zur Elastic-Bands-Methode (EBM)	53
4	Kurvenflussmethode (KFM)	58
4.1	Prinzip der KFM	58
4.2	Nichtlineare Kurvenflüsse als Ursprung der KFM	59
4.3	Ortsdiskretisierung	61
4.4	Kurvenfluss für offene Kurven	63
4.5	Dynamik des Kurvenflusses	65
4.6	Kurvenfluss mit Hindernissen	69
4.7	Dynamik mit Hindernissen	73
4.8	Stationäre Endlage	80
4.9	Parametrierung	82
4.10	Zeitdiskretisierung	86
4.11	Vergleich des Bahnverhaltens von KFM und EBM	89
4.12	Vergleich der Rechenzeiten von KFM und EBM	93
5	Funktionen für die KFM in komplexen Umgebungen	99
5.1	Stetig differenzierbares Kraftfeld	99
5.2	Räumliche Hinderniskörper mit Durchdringung	103
5.3	Gradientenberechnung	106
5.4	Räumliche Bahn mit nichtlinearem Kraftfeld	107
5.5	Initialbahn	112
5.6	Interpolation auf dynamischer Bahn	114
5.7	Parallele Ausführung mehrerer Instanzen der KFM	118
5.8	Start- und Landevorgänge	122
6	Implementierung und Realisierung einer Testumgebung für die KFM	124
6.1	Architektur	124

6.2	Verwendete Soft- und Hardware	125
6.3	Implementierung der KFM in einer SPS	131
6.4	Dynamikmodell der UAVs	134
6.5	Evaluierung mit Dynamikmodell	140
6.6	Evaluierung mit realen UAVs	147
7	Zusammenfassung	152
8	Literaturverzeichnis	158
9	Anhang	192
9.1	Pseudocode für die Berechnung des Parameters K als inverses Problem	192
9.2	Pseudocode KFM	194
9.3	Pseudocode Abstoßungskraft	196
9.4	Hindernisdaten	199
9.5	Reglereinstellung für das Dynamikmodell	199