

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	1
1.1	Vorwort	1
1.2	Beitrag der Arbeit	7
1.3	Aufbau der Arbeit	8
1.4	Bemerkungen zur Literatur	11
2	Bewegungsplanung und dynamische Optimierung	13
2.1	Beschreibung der Bewegung mobiler Roboter	13
2.2	Bedingung für Kollisionsfreiheit der Bewegung	15
2.3	Mathematische Problemformulierung	16
2.4	Notwendige Optimalitätsbedingungen	18
2.5	Komplexität des Problems der Bewegungsplanung	20
2.6	Zeitoptimale Bewegung	21
3	Lösungsmethoden	27
3.1	Dynamische Programmierung - Suche in einem diskreten Zustandsraum	27
3.2	Numerische Verfahren	29
3.2.1	Statisches nichtlineares Optimierungsproblem	30
3.2.2	Diskretisierung des dynamischen Optimierungsproblems	31
3.2.3	Notwendige Optimalitätsbedingungen für das statische Optimierungsproblem	33
3.2.4	SQP-Methoden	35
3.2.5	Berechnungsschema und verwendete Software	38
4	Nicht holonome mobile Plattform	39
4.1	Modellbildung	39
4.2	Das Potentialfeld	41
4.3	Ergebnisse der Berechnungen	48

5	Modell eines einfachen mobilen Manipulators	57
5.1	Modellbildung	57
5.2	Ergebnisse der Berechnungen	59
6	Sensorbasiertes Greifen bewegter Objekte	65
6.1	Aufgabenbeschreibung	65
6.2	Beschreibung des realen Robotersystems	68
6.2.1	Beschreibung der Bewegung des TCP und des Objekts	68
6.2.2	Ist- und Solltrajektorien in Gelenkwinkelkoordinaten	69
6.2.3	Modell des Manipulators	70
6.3	Mathematische Problemformulierung	71
6.4	Lösung des eindimensionalen Problems	72
6.4.1	Zeitoptimale Überführung in den Nullzustand	74
6.4.2	Zeitoptimale Überführung in den vorgegebenen Zustand	76
6.4.3	Zeitoptimale Regelung zu einer Trajektorie	77
6.5	Zeitoptimale Regelung des Manipulators	87
6.6	Simulation der Bewegung des Manipulators für das Greifen eines bewegten Objekts	88
6.7	Integration des Kraftmomentensensors	93
6.8	Kollisionsvermeidung	96
7	Autonomes Einparken	99
7.1	Einführung	100
7.1.1	Problembeschreibung	100
7.1.2	In der Literatur beschriebene Verfahren	102
7.1.3	Zur Lösbarkeit des Problems	104
7.2	Zeitoptimale Bewegung	108
7.3	Numerische Berechnung der zeitoptimalen Einparkbewegung	109
7.3.1	Ergebnisse der Berechnung	109
7.3.2	Bewertung	115
7.4	Berechnung der zeitoptimalen Einparkbewegung mit Benutzung von Musterbewegungen	116
7.4.1	Berechnung einer Musterbewegung	118
7.4.2	Auswahl der Anfangs- und Endzustände für Musterbewegungen	130
7.4.3	Berechnung der ersten Musterbewegung, Beispiele	130
7.4.4	Bewertung	135
7.5	Zum Vergleich der vorgestellten Verfahren	136
8	Zusammenfassung und Ausblick	139