

<u>Inhaltsverzeichnis</u>	Seite
1 Einleitung	1
2 Off-line-Programmierung	4
2.1 Ziele der Off-line-Programmierung	4
2.2 Verfügbare Systeme zur Off-line-Programmierung	7
2.2.1 Modellierung von Roboterarbeitszellen	7
2.2.2 Zell- und Roboterprogrammierung	9
2.2.3 Animation des Modells	9
2.2.4 Benutzerschnittstelle	10
2.2.5 Untersuchung der verfügbaren Off-line- Programmiersysteme	10
2.3 Das Off-line-Programmiersystem ROPSUS	13
2.3.1 Funktionaler Aufbau	13
2.3.1.1 Systemverwaltung	14
2.3.1.2 Programmerstellung	15
2.3.1.3 Modelleditor und Datenbasis	18
2.3.1.4 Simulator	20
2.3.2 Software-Struktur	22
2.3.3 Prozeßstruktur	24
2.3.4 Benutzerschnittstelle	25
3 Das in ROPSUS verwendete Modell der Fertigungszelle	31
3.1 Das verwendete Graphiksubsystem	31
3.2 Geometriemodell	35
3.3 Kinematikmodell	39
3.3.1 Kinematikbeschreibung	40
3.3.2 Lösung des direkten kinematischen Problems	44
3.3.3 Lösung des inversen kinematischen Problems	47
3.3.3.1 Iteratives Verfahren	50
3.3.3.2 Analytisch-iteratives Verfahren	55
3.4 Dynamikmodell	60
3.5 Steuerungsmodell	61
3.5.1 PTP-Verfahren	61
3.5.2 CP-Verfahren	64
3.5.3 Verschleifendes Verfahren	65
3.6 Verwaltung der Modelldaten in ROPSUS	66

4	Kollisionserkennung	74
4.1	Eingrenzung des Suchraums	76
4.1.1	Zusammenstellung der Verfahren	76
4.1.2	Beurteilung der Verfahren	86
4.1.3	Untersuchung der für den Einsatz in ROPSUS geeigneten Verfahren	88
4.1.3.1	Hüllkörper	88
4.1.3.2	Verfeinerung	93
4.1.3.3	Suchraumeingrenzung	95
4.1.4	Vergleich der Verfahren	102
4.2	Durchdringungsprüfung	105
4.2.1	Zusammenstellung der Verfahren	105
4.2.2	Beurteilung der Verfahren	111
4.2.3	Untersuchung der für den Einsatz in ROPSUS geeigneten Verfahren	112
4.2.3.1	Durchdringungsprüfung mit Hilfe des Simplexverfahrens	112
4.2.3.2	Durchdringungsprüfung mit Hilfe der dualen Transformation	120
4.2.4	Vergleich der Verfahren	122
4.3	Leistungsmerkmale der in ROPSUS eingesetzten Kollisionserkennung	126
5	Zusammenfassung und Ausblick	130
6	Anhang	132
6.1	Formale Grundlagen des S-bound-Verfahrens	132
7	Literaturverzeichnis	136