

Inhaltsverzeichnis

0.	Kurzzeichen.....	X
	Begriffserläuterungen.....	XI
1.	Einleitung	1
2.	Stand der Technik im Bereich der Aufgabensimulation von Industrierobotern	4
2.1	Steuerungen für Industrierobotersysteme.....	4
2.1.1	Programmfunktionen von Industrierobotersteuerungen.....	5
2.1.2	Kommunikationsschnittstellen moderner IR-Steuerungen	7
2.1.2.1	DNC - Funktionen moderner Robotersteuerungen	7
2.1.2.2	Standard Schnittstelle IRDATA	8
2.1.3	Programmentwicklungswerkzeuge für Industrierobotersysteme.....	10
2.2	Simulationstechnik.....	12
3.	Aufgabenstellung und Zielsetzung	19
4.	Aufgaben und Anforderungsprofil von steuerungsorientierten Robotersimulationssystemen.....	21
4.1	Anforderungsprofil von steuerungsorientierten Systemen zur Simulation von Anwendungsprogrammen für Roboter auf PC- Hardware	22
4.2	Entwurfskriterien für Simulationsmodelle von Industrierobotersystemen	25
4.3	Systemkonzept und Modellstrukturen.....	30
4.3.1	Funktionen des Simulationssystems.....	30
4.3.1.1	Programmverarbeitung.....	31
4.3.1.2	Bahnsteuerung und Rückwärtstransformation	32
4.3.2	Konzept zur Implementierung der Rückwärtstransformations- algorithmen für steuerungsorientierte Robotersimulations- systeme auf PC-Rechnersystemen.....	33
4.3.2.1	Ermittlung von Industrierobotergrundtypen	34
4.3.3	Abbildung der informationstechnischen Einbindung der Industrierobotersteuerung in der Zelle.....	37
4.3.4	Modellstrukturen.....	38
4.3.4.1	Konfigurierbares Simulationsmodell	38
4.3.4.2	Parametrierbare Modellbeschreibung.....	39

5.	Systemkonzept und Realisierungen	41
5.1	Systemstruktur und Funktionsumfang	41
5.2	Aufbau des Simulationsmodells.....	43
5.2.1	Modellkomponenten	45
5.2.2	Modellhierarchie	47
5.2.2.1	Kinematik.....	48
5.2.2.2	Geometriebeschreibung	52
5.2.2.3	Technologie- und Steuerungsmodell	53
5.2.2.4	Simulationsparameter.....	54
5.2.3	Verfahren zur Referierung von Modellen.....	54
5.2.3.1	Bestimmung von Referenzpunkten	55
5.2.3.2	Kalibrierung von Modellgeometrien.....	56
5.2.4	CAD-Ankopplung	56
5.2.5	Modellbibliothek	61
5.3	Grafikfunktionen des Simulationssystems.....	61
5.3.1	Abbildungsfunktionen.....	62
5.3.2	Darstellung der Modellgeometrie als Flächenmodell.....	67
5.3.2.1	Sichtbarkeitsklärung von Modellkörpern	68
5.3.2.2	Schattierungsfunktion	71
5.3.3	Stereografik zur dreidimensionalen Darstellung.....	72
5.3.4	Displayliste zur Abbildung der geometrischen Modelldaten	74
5.4	Funktionen zur Simulation von Bewegungs- und Handhabungsoperationen von Industrierobotern.....	75
5.4.1	Darstellung von Bewegungsvorgängen	75
5.4.2	Mathematische Beschreibung der Plazierung und Bewegung von Robotern im Simulationsmodell.....	76
5.4.3	Bewegungssteuerung von Robotern.....	78
5.4.3.1	Achsspezifische Bewegungssteuerung	78
5.4.3.2	Kartesische Positions- und Orientierungsdefinition für Industrieroboter	80
5.4.4	Simulation der Bewegungssteuerung.....	85
5.4.4.1	Simulation der Point-to-Point-Bewegungsoperation (PTP)	85
5.4.4.2	Simulation der Bahnbewegungen.....	86
5.4.4.3	Algorithmen zur Rückwärtsrechnung	89
5.4.4.3.1	Rückwärtsrechnungen für Basiskinematiktypen von Industrierobotern	89

5.4.4.3.2 Mehrdeutigkeiten und Singularitäten der Transformation und Bahnsteuerung 6-achsiger Knickarmroboter	95
5.4.4.4 Bestimmung der Laufzeit von Roboterachsenbewegungen.....	97
5.4.5 Nachbildung von Handhabungsoperationen.....	101
5.5 Programmverarbeitung in virtueller Robotersteuerung des Simulationssystems.....	102
5.5.1 Programmcodeverarbeitung in "virtueller Robotersteuerung"	103
5.5.2 Positionsdatenverarbeitung	105
5.5.3 Emulation von Sensor- und Peripheriesignalen.....	105
6. Einsatz und Erfahrungen mit dem Simulationssystem GROSIM.....	107
6.1 Modellierung von Industrieroboterzellen.....	107
6.2 Layoutprüfung	109
6.3 Ausführungsprüfung des IR-Steuerungsprogramms.....	110
6.4 Praktisches Beispiel zur Programmdatengenerierung	112
7. Zusammenfassung und Ausblick.....	120
8. Schrifttum	123