

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Einleitung	1
1.1 Einführung	1
1.2 Geschichtliche Entwicklung des Robotereinsatzes	3
1.3 Das Roboter-Technologie-Experiment ROTEX	5
1.4 Zielsetzung und Aufbau der Arbeit.....	9
2. Stand der Technik	13
2.1 Zielgerichtete Positionierung eines Roboters.....	13
2.2 Automatisches Greifen durch einen Roboter	16
2.3 Teleoperation mit langen Signalübertragungszeiten	18
2.4 Automatisierung von Andockmanövern.....	20
2.5 Erfassung von Bewegungen durch Rechnersehen	22
3. Die dynamischen Bewegungsgleichungen	26
3.1 Das freischwebende Objekt.....	26
3.1.1 Die Objektform.....	26
3.1.2 Das dynamische Bewegungsmodell des Freifliegers.....	27
3.1.2.1 Die translatorische Bewegung.....	29
3.1.2.2 Die rotatorische Bewegung	29
3.2 Der Robotergreifarm.....	32
3.2.1 Lagebeschreibung durch homogene Koordinaten.....	33
3.2.1.1 Allgemeine Koordinatentransformation	33
3.2.1.2 Zusammenstellung aller vorhandenen Koordinatensysteme	36
3.2.2 Das Bewegungsmodell des Greifarmes.....	37
3.2.3 Die Steuergrößen	38

4. Modellgestützte Schätzung der Systemzustände	40
4.1 Das Kalman-Filter zur Zustandsschätzung	40
4.2 Das Kalman-Filter zur Zustandsschätzung des Roboters	47
4.3 Das Kalman-Filter zur Zustandsschätzung des Freifliegers	50
4.3.1 Die Kalman-Filter-Gleichungen	51
4.3.2 Die Meßdaten zur Zustandsschätzung des Freifliegers	57
4.3.2.1 Die Stereobildverarbeitung	58
4.3.2.2 Die monokulare Bildverarbeitung nach dem 4D-Ansatz.....	60
5. Totzeitkompensation durch Prädiktion	65
5.1 Das Telerobotikkonzept bei ROTEX	67
5.2 Kompensation der Totzeiten durch Prädiktion	69
5.3 Der Einfluß der Totzeiten auf die Zustandsschätzung und die Prädiktion.....	73
5.3.1 Die Auswirkungen auf die Zustandsschätzung	74
5.3.2 Der Einfluß auf die Prädiktion	75
6. Automatisierung des Greifvorganges	77
6.1 Strategie des Greifvorganges.....	78
6.2 Reglerauslegung für das Folgeregelungsproblem	83
7. Systemerprobung und Versuchsergebnisse	87
7.1 Der Simulationskreis im Robotiklabor.....	87
7.1.1 Die Hardwarearchitektur.....	88
7.1.2 Die Integration in die Bodenstation	90
7.2 Simulationsergebnisse.....	93
7.3 Das Experiment während der D2-Mission.....	96
7.3.1 Der Ablauf und die Randbedingungen.....	96
7.3.2 Die Versuchsergebnisse.....	98

8. Simulation eines automatischen Andockmanövers	101
8.1 Die Gleichungen der Relativbewegung	103
8.2 Reglerentwurf zur Steuerung der Endannäherung	106
9. Zusammenfassung und Ausblick	111
Anhang	
A.1 Anhang zu Kapitel 3 (Bewegungsgleichungen)	114
A.1.1 Die Beziehungen zwischen Eulerwinkel und Quaternionen	114
A.1.2 Die Beziehungen zwischen einer Lagematrix und den Eulerwinkeln	118
A.1.3 Die zeitinvarianten Transformationsmatrizen	119
A.2 Anhang zu Kapitel 4 (EKF zur FF-Zustandsschätzung)	122
A.2.1 Berechnung der Funktionalmatrix der Freifliegerbewegung	122
A.2.2 Berechnung der Jacobimatrix des EKF zur Freifliegerzustandsschätzung	124
A.3 Anhang zu Kapitel 5 (Totzeitkompensation)	129
A.3.1 Herleitung der Prädiktionsgleichungen	129
A.3.1.1 Die Vorhersage der FF-Lage	129
A.3.1.2 Die Prädiktion der Roboterposition	130
A.3.2 Abschätzung des Prädiktionsfehlers	132
Literatur	135