

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	1
2 Problemstellung	3
3 Dynamisches Modell des Arms	8
3.1 Vorüberlegungen	8
3.2 Notation	9
3.3 Kinematische Grundlagen	10
3.3.1 Darstellung der Lage eines Koordinatensystems	10
3.3.2 Transformation der Koordinaten eines Ortsvektors	13
3.3.3 Transformation eines freien Vektors	14
3.3.4 Differentiation in bewegten Bezugssystemen	14
3.4 Kinetische Grundlagen	15
3.5 Rekursive Formulierung der Bewegungsgleichungen	17
3.5.1 Allgemeine Form	17
3.5.2 Spezialisierung für eine kinematische Struktur	19
3.5.3 Diskussion	21
3.6 Formulierung über die Lagrangeschen Gleichungen 2. Art	23
3.6.1 Berechnung der Energie	24
3.6.2 Aufstellung und Diskussion der Bewegungsgleichungen	30
3.7 Dynamisches Modell des Manutec r3	33
3.7.1 Definition der Koordinatensysteme	34
3.7.2 Vereinfachung der Dynamik der Armteile und Antriebe	34
3.7.3 Formulierung der kinetischen und potentiellen Energie	37
3.7.4 Aufstellung der Bewegungsgleichungen	38
4 Direkte Identifikation eines nichtlinearen Modells	44
4.1 Prinzip	44
4.2 Diskussion	45
4.3 Schlußfolgerungen für den praktischen Einsatz	47
4.4 Experimentelle Ergebnisse	49
4.4.1 Variation der Testbewegung	49
4.4.2 Variation der Filterfrequenz	59
4.4.3 Variation der Modellordnung	63
4.4.4 Ergänzende Bemerkungen	66
4.5 Zusammenfassung	67

5 Indirekte Identifikation eines nichtlinearen Modells	68
5.1 Gravitationskoeffizienten	69
5.2 Trägheitsmomente	71
5.3 Koppelträgheitsmomente	76
5.4 Coriolis- und Zentrifugalkoeffizienten	78
5.5 Reduktion auf konstante Basis-Parameter	79
5.6 Experimentelle Ergebnisse	80
5.7 Reibungskennlinien	88
5.8 Zusammenfassung	91
6 Bestimmung elastischer Modelle	92
6.1 Messung der Steifigkeiten durch statische Belastung	93
6.2 Identifikation elastischer Modelle aus Testbewegungen	97
6.2.1 Prinzip	97
6.2.2 Bestimmung der Frequenzgänge	99
6.2.3 Parametrische Modelle	101
6.2.4 Angleich der Frequenzgänge	109
6.2.5 Ergebnisse	114
6.3 Zusammenfassung	125
7 Modellgestützte Regelung	127
7.1 Regelung des starr angenommenen Arms	127
7.1.1 Abstimmung von Vorsteuerung und Regelung	128
7.1.2 Auslegung der Regler	130
7.2 Versuchsaufbau	132
7.3 Experimentelle Ergebnisse	141
7.4 Zusammenfassung	147
8 Zusammenfassung	148
Literaturverzeichnis	150
Anhang	157