

Bahnplanung für fünfgliedrige Drehgelenkgetriebe

Von der Fakultät für Maschinenwesen der
Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen
zur Erlangung des akademischen Grades eines
Doktors der Ingenieurwissenschaften
genehmigte Dissertation

vorgelegt von

Diplom-Ingenieur

Frank Udo Bonsch

aus Neuss

Berichter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Burkhard Corves
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dirk Abel

Tag der mündlichen Prüfung: 25. Juni 2007

	Bezeichnungen	VIII
1	Einleitung	1
1.1	Anwendungsbeispiele parallelkinematischer Mechanismen mit $F=2$	3
1.2	Stand der Forschung	6
1.3	Zielsetzung der Arbeit	8
2	Kinematik und Dynamik eines fünfgliedrigen Drehgelenkgetriebes mit gesteuerten Antrieben	11
2.1	Kinematische Rückwärtsrechnung	12
2.1.1	Antriebswinkel φ_{10}	12
2.1.2	Koppelwinkel σ_{20}	14
2.1.3	Antriebswinkel φ_{40} und Koppelwinkel σ_{30}	16
2.1.4	Winkelgeschwindigkeiten	18
2.1.5	Winkelbeschleunigungen	19
2.1.6	Schwerpunktbeschleunigungen	20
2.2	Dynamische Rückwärtsrechnung	21
2.2.1	Gleichungen zur Ermittlung der Gelenkkräfte und der Antriebsmomente	21
2.2.2	Lösung der Gleichungen zur Bestimmung der Gelenkkräfte und der Antriebsmomente	24
2.3	Kinematische Vorwärtsrechnung	27
2.4	Spezielle Darstellungsformen für die Eigenschaften eines fünfgliedrigen Drehgelenkgetriebes	30
2.4.1	Stellungsdiagramme	33
2.4.2	Arbeitsbereichsdiagramme	36
3	Geometrische Beschreibung der Führungsbahn	39
3.1	Einleitung	39
3.2	Mathematische Beschreibung der Führungsbahn	39
3.3	Verwendete Datenbasis	45

3.4	Lineares Bahnsegment – Geradenabschnitt	46
3.5	Zirkulares Bahnsegment – Kreissegment	47
3.6	Bahnsegment Polynom 5. Grades	51
3.7	Splines als Bahnsegment	62
3.7.1	Eindimensionale Spline-Interpolation	64
3.7.2	Kubische Spline-Interpolation in der Ebene	68
3.7.3	Kubische Spline-Interpolation mit Randpolynomen 4. Ordnung	72
3.7.4	Hermite-Spline-Interpolation (Polynomabschnitte 5. Ordnung)	82
3.7.4.1	Kubische Splines mit festgelegter Randgeschwindigkeit als Vorinterpolation	83
3.7.4.2	Quintische Splines (Polynomabschnitte 5. Ordnung) als Hauptinterpolation	87
3.7.5	Programmtechnische Behandlung der Splinesegmente	91
3.7.6	Beispiele für Splinesegmente	92
3.8	Lineare Einzelachseninterpolation	93
4	Festlegung des Weg-Zeit-Verlaufes entlang der Bahn	95
4.1	Verwendete Datenbasis	96
4.2	Bestimmung der Parameter bei Weg-Zeit-Verläufen der VDI-Richtlinie VDI 2143	99
4.2.1	Polynom 5. Grades	99
4.2.2	Geneigte Sinuslinie	101
4.2.3	Modifiziertes Beschleunigungstrapez	103
4.2.4	Modifizierte Sinuslinie	110
4.2.5	Sinus-Gerade-Kombination	115
4.2.6	Harmonische Kombination	118
4.3	Asymmetrische Rast-in-Rast-Bewegungsfunktionen nach VDI-Richtlinie VDI 2143	124
4.4	Bestimmung der Parameter bei elementaren Weg-Zeit-Verläufen	128
4.4.1	Bestimmung der Parameter bei konstanter Geschwindigkeit	129
4.4.2	Bestimmung der Parameter bei konstanter Beschleunigung	131

	4.4.3	Bestimmung der Parameter bei konstantem Ruck	134
5		Vermeidung von Schwingungen durch gefilterte Bewegungsfunktionen	139
	5.1	Beschreibung des bestehenden Verfahrens	140
	5.2	Filterung und Korrektur von Beschleunigungsverläufen	144
	5.2.1	Einleitung	144
	5.2.2	Transformation des Beschleunigungsverlaufs	147
	5.2.3	Filterung des transformierten Beschleunigungsverlaufs	148
	5.2.4	Anwendung einer Fensterfunktion	150
	5.2.5	Zwischenskalierung	151
	5.2.6	Bestimmung einer Korrekturfunktion	158
6		Beschreibung des Prüfstandes und der Testläufe	164
	6.1	Beschreibung des Prüfstandes	164
	6.2	Bewegungsaufgabe Rast-in-Rast	176
	6.2.1	Vergleich der Bewegungsgesetze nach VDI-Richtlinie VDI 2143	180
	6.2.2	Erfüllung der Bewegungsaufgabe durch Abschnitte konstanter Beschleunigung	185
	6.2.3	Bestimmung der Parameter für ein Trapez-Profil	190
7		Zusammenfassung	195
8		Anhang	198
	8.1	Skizzen der Matlab/Simulink [®] -Programme	198
	8.2	Lösung einer Gleichung 3. Ordnung	200
	8.3	Ergebnisse der Testläufe	203
		Literaturverzeichnis	223