

Dipl.-Ing. Maik Berger, Frankenberg

**Ein Beitrag zur
Manipulation von
Bahnkurven ebener
servoangetriebener
Koppelgetriebe**

Reihe **8**: Meß-, Steuerungs-
und Regelungstechnik

Nr. **604**

Inhaltsverzeichnis

Verwendete Symbole und Bezeichnungen...	VIII
Einleitung.....	1
1. Stand der Technik und Aufgabenstellung.....	2
1.1 Auslegung ebener und zwangsläufiger Punktführungsgetriebe.....	2
1.2 Getriebe mit einem zusätzlich gesteuerten Antrieb.....	5
1.3 Koppelgetriebe als Teilkomponente mechatronische Antriebssysteme.....	8
1.4 Aufgabenstellung.....	16
2. Systematik und prinzipieller Aufbau von Koppelgetrieben mit einem Getriebefreiheitsgrad $F=2$ zur Erzeugung flexibler Führungsbewegungen.....	18
2.1 Punktführungsgetriebe mit einem Getriebefreiheitsgrad $F=2$	18
2.2 Strukturen 5gliedriger Koppelgetriebe.....	19
2.3 Höhergliedrige Koppelgetriebe mit $F=2$	23
2.4 Allgemeiner Aufbau und Funktion des Antriebssystems.....	23
2.4.1 Mechanischer Getriebeaufbau.....	23
2.4.2 Komponenten des Servoantriebssystems.....	25
2.4.3 Erweiterter Aufbau für eine adaptive Regelung.....	27
3. Wirkung und Charakteristik allgemeiner Verstellbewegungen.....	28
3.1 Bewegungsbereiche des Koppelpunktes 5gliedriger Getriebe in Abhängigkeit von der Anordnung eines Verstellschiebers.....	28
3.1.1 Beeinflussung der kinematischen Abmessungen des Grundgetriebes.....	29
3.1.1.1 Verlagerung des Gestelldrehpunktes der Schwinge.....	29
3.1.1.2 Verlagerung des Kurbeldrehpunktes.....	31
3.1.1.3 Veränderung der Gliedlängen.....	31
3.1.2 Direkte Beeinflussung der Lage des Koppelpunktes.....	33
3.1.3 Begrenzung des Bewegungsbereiches durch die Vorgabe eines minimalen Übertragungswinkels $\mu_{\min}$	33
3.2 Charakteristik unterschiedlicher Bewegungsfunktionen.....	34
3.3 Rast-in-Rast-Verstellbewegungen.....	35
3.3.1 Rast-in-Rast-Verstellbewegung zur Kopplung von Bahnabschnitten unterschiedlicher Bahnkurven.....	36
3.3.2 Rast-in-Rast-Verstellbewegung zur Gestaltung von Bahnabschnitten durch mehrere diskrete Punktlagen.....	38

3.3.3 Rast-in-Rast-Verstellbewegung zur Erzeugung von angenäherten Geradenabschnitten.....	39
3.4 Wirkung der Verstellfunktion im Ersatzgetriebe nach Roberts/Tschebyshev.....	42
4. Verschiedene Ansätze zur mathematischen Beschreibung manipulierter Bahnabschnitte.....	45
4.1 Forderungen an einen zu manipulierenden Bahnabschnitt.....	45
4.2 Anwendung der Lagrangschen Multiplikatorenmethode zur Bahnmanipulation im Bezugssystem des Getriebes.....	46
4.3 Parameterabhängige Bahnmanipulation.....	49
4.3.1 Parametrisierung der Bahnkurve.....	49
4.3.2 Geschlossene Darstellung der Bahnkurve durch Fourierreihen.....	50
4.3.3 Abschnittsweise Bahnmanipulation unter Anwendung eines Verfahrens zur stückweisen Polynomapproximation.....	51
4.3.4 Abschnittsweise Bahnmanipulation durch Bezier-Spline-Approximation oder -Interpolation.....	56
4.4 Darstellung von Bahnabschnitten ohne Stützpunktvorgaben.....	59
4.5 Vergleich und Bewertung der vorgestellten Verfahren.....	60
5. Berechnung der Verstellfunktion für 5gliedrige Koppelgetriebe mit Verstellchieber.....	62
5.1 Näherungsweise Berechnung der Verstellfunktion unter Beachtung einer geschlossenen mathematischen Beschreibung der Bahnkurve.....	63
5.2 Exakte Berechnung einzelner Stellungen des Verstellchiebers.....	65
5.3 Approximation oder Interpolation der Verstellfunktion	67
5.3.1 Approximation diskreter Schieberlagen durch Polynome.....	67
5.3.1.1 Geschlossene Polynomapproximation.....	68
5.3.1.2 Abschnittsweise Polynomapproximation.....	70
5.3.2 Approximation diskreter Schieberlagen durch Harmonische Analyse.....	73
5.3.2.1 Angenäherte Berechnung der Fourierkoeffizienten bei gleichverteilten Punktlagen.....	73
5.3.2.2 Harmonische Analyse der Verstellbewegung bei nichtgleichverteilten Punktlagen.....	75
5.4 Zusätzlich erforderliche Verstellbewegungen außerhalb der Manipulationsabschnitte.....	79
5.4.1 Anlauf- und Rückkehrfunktionen.....	79
5.4.2 Übergangsfunktionen zur Kopplung von Verstellbewegungen.....	82
5.5. Veränderung der Verstellfunktion unter Beachtung einer kinetostatischen Getriebeanalyse.....	84
5.5.1 Wahl der Schubrichtung.....	84

5.5.2	Beeinflussung der Antriebskräfte und -momente durch eine optimale Gestaltung und Ausnutzung von Verstellbereichen.....	85
5.6.	Korrektur gemessener Bahnabweichungen.....	91
5.6.1	Berechnung der Korrektur für die Aufbauvariante DDDDS.....	91
5.6.2	Korrekturalgorithmus für geschlossene Bahnkurven in Fourierdarstellung...	94
6.	Softwarebausteine zur Auslegung rechnergesteuert verstellbarer Führungsgetriebe.....	98
6.1	Überblick zum Gesamtsystem.....	98
6.2	Darstellung der einzelnen Teilkomponenten.....	100
7.	Theoretische Betrachtung spezieller Bewegungsaufgaben.....	103
7.1	Erzeugung einer Bahnkurve mit Kreisbogenabschnitten.....	103
7.2	Erzeugung $n\pi$ -periodischer Bahnkurven.....	105
7.2.1	Beispiel für eine horizontale Stapeleinrichtung.....	107
7.3	Erzeugung zweier orthogonaler und durchgängiger Geraden.....	109
8.	Experimentelle Untersuchungen.....	112
8.1	Zielstellung der experimentellen Untersuchungen.....	112
8.2	Mechanischer und elektrischer Versuchsaufbau.....	112
8.3	Beispiele für nichtkorrigierte Bahnkurven.....	118
8.3.1	Erzeugung angenäherter Kreisbogenabschnitte.....	118
8.3.2	Kombination von Verstellfunktionen für eine horizontale Stapel- einrichtung.....	120
8.4	Verringerung von Bahnabweichungen durch eine Korrektur der Verstellbewegung.....	121
8.4.1	Manipulation einer Bahnkurve durch eine adaptiv berechnete Antriebs- funktion.....	121
8.4.2	Berechnung von Korrekturfunktionen zur Nachbildung einer vollständigen Geraden.....	126
8.5	Zusammenfassung und Wertung der Experimente.....	130
9.	Zusammenfassung und Ausblick.....	131
	Literaturverzeichnis.....	133