

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Einordnung des Themas und Schwerpunkte der Arbeit	1
1.2	Abgrenzung der Arbeit	3
1.3	Aufbau der Arbeit	3
2	Bekannte Methoden und Werkzeuge zur Analyse und Synthese nachgiebiger Mechanismen	7
2.1	Begriffsklärung	7
2.2	Bekannte Ansätze zur Analyse und Synthese nachgiebiger Mechanismen	11
2.3	Bekannte Werkzeuge zur Berechnung nachgiebiger Mechanismen	20
2.4	Forschungsbedarf bei der Berechnung nachgiebiger Mechanismen	23
3	Modellbildung nachgiebiger Mechanismen	27
3.1	Ebene Betrachtungen	27
3.1.1	Theorie großer Verformungen stabförmiger Strukturen	28
3.1.2	Berücksichtigung des Querkraftschubs	33
3.1.3	Berücksichtigung der Querkontraktion	38
3.2	Räumliche Betrachtungen	40
3.2.1	Theorie großer Verformungen stabförmiger Strukturen	40
3.2.2	Torsion von Vollquerschnitten	44
3.3	Kapitelzusammenfassung	47
4	Implementierung der analytischen Modellgleichungen und der Struktur nachgiebiger Mechanismen in MATLAB® und Python®	49
4.1	Numerische Lösung der Differentialgleichungssysteme	49
4.2	Geometrische Beschaffenheit der betrachteten Mechanismen	52
4.2.1	Strukturelle Gestaltung nachgiebiger Mechanismen	53
4.2.2	Betrachtete Festkörpergelenkkonturen	55
4.2.3	Randbedingungen	57
4.2.4	Sonderfall verzweigte Strukturen	58
4.3	Formulierung von Modellgleichungen für beliebige nachgiebige Mechanismen	60
4.4	Kapitelzusammenfassung	64

5	Verifikation und Anwendung der analytischen Modelle	65
5.1	Verifikation der analytischen Modelle in 2D	65
5.1.1	Verifikation am Beispiel einer Parallelkurbel	65
5.1.2	Verifikation am Beispiel einer Schubkurbel	81
5.1.3	Einfluss der verwendeten Theorie auf die Balkendurchbiegung	85
5.1.4	Verifikation anhand weiterer ebener Mechanismen	93
5.2	Verifikation der analytischen Modelle in 3D	105
5.2.1	Verifikation am Beispiel räumlich belasteter Balkenstrukturen	105
5.2.2	Berechnung von torsionsbelasteten Balken und Platten	107
5.2.3	Berechnung von torsionsbelasteten Festkörpergelenken	109
5.2.4	Verifikation am Beispiel einer sphärischen Kurbelschwinge	112
5.2.5	Verifikation am Beispiel verzweigter Strukturen bei räumlicher Belastung	115
5.3	Kapitelzusammenfassung	117
6	Entwicklung von Syntheseansätzen für ebene nachgiebige Mechanismen	119
6.1	Dimensionierung von Einzelgelenken	120
6.1.1	Definition der Dimensionierungsaufgabe	120
6.1.2	Analysemodell für Einzelgelenke unter reiner Momentenbelastung	123
6.1.3	Analysemodell für Einzelgelenke unter Transversalkraftbelastung	125
6.1.4	Dimensionierungsalgorithmus für Einzelgelenke	125
6.1.5	Dimensionierungsbeispiele	127
6.1.6	Abwandeln der Dimensionierungsaufgabe	130
6.2	Dimensionierung nachgiebiger Mechanismen	134
6.2.1	Auswahl geeigneter Optimierungsansätze	135
6.2.2	Entwicklung und Anwendung von Optimierungsstrategien	136
6.3	Kapitelzusammenfassung	150
7	Entwicklung und Anwendung von Softwarewerkzeugen zur Analyse und Synthese von Festkörpergelenken und nachgiebigen Mechanismen	153
7.1	Entwicklung der Analyse- und Dimensionierungssoftware <i>CoMUI</i> für NM	155
7.2	Entwicklung von Synthesewerkzeugen für FKG und NM	168
7.2.1	Entwicklung eines Synthesemoduls für die Software <i>detasFLEX</i>	168
7.2.2	Entwicklung von <i>CoMSys</i> zur Optimierung der Gelenkposition in NM	173
7.3	Kapitelzusammenfassung	176
8	Zusammenfassung und Ausblick	181

A	Anhang	XXIII
A.1	Syntax zur numerischen Lösung von Randwertproblemen	XXIII
A.1.1	MATLAB®	XXIII
A.1.2	Python®	XXIV
A.2	Ergebnisse der FEM Netzstudie für die nachgiebige Parallelkurbel	XXV
A.2.1	Einfluss des Bereichsradius zur Netzverfeinerung	XXV
A.2.2	Einfluss der Elementgröße im Bereichsradius	XXV
A.3	Geometriedaten betrachteter nachgiebiger Mechanismen	XXVII
	Literaturverzeichnis	XXXV