

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Einordnung des Themas und Schwerpunkte der Arbeit . . . . .	1
1.2 Abgrenzung der Arbeit . . . . .	3
1.3 Aufbau der Arbeit . . . . .	3
<b>2 Bekannte Methoden und Werkzeuge zur Analyse und Synthese nachgiebiger Mechanismen</b>	<b>7</b>
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
<b>3 Modellbildung nachgiebiger Mechanismen</b>	<b>27</b>
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
<b>4 Implementierung der analytischen Modellgleichungen und der Struktur nachgiebiger Mechanismen in MATLAB® und Python®</b>	<b>49</b>
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

<b>5 Verifikation und Anwendung der analytischen Modelle</b>	<b>65</b>
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
<b>6 Entwicklung von Syntheseansätzen für ebene nachgiebige Mechanismen</b>	<b>119</b>
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
<b>7 Entwicklung und Anwendung von Softwarewerkzeugen zur Analyse und Synthese von Festkörpergelenken und nachgiebigen Mechanismen</b>	<b>153</b>
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
<b>8 Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>181</b>

<b>A Anhang</b>	<b>XXIII</b>
A.1 Syntax zur numerischen Lösung von Randwertproblemen . . . . .	XXIII
A.1.1 MATLAB <sup>®</sup> . . . . .	XXIII
A.1.2 Python <sup>®</sup> . . . . .	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
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>XXXV</b>