

# Inhaltsverzeichnis

## Vorwort — V

## 1 Einleitung — 1

## 2 Definition und Klassifizierung nachgiebiger Systeme — 4

- 2.1 Nachgiebigkeit — 5
  - 2.1.1 Einteilung der Nachgiebigkeit — 5
  - 2.1.2 Änderung der Nachgiebigkeit — 6
- 2.2 Nachgiebige Mechanismen — 11
  - 2.2.1 Einteilung nachgiebiger Mechanismen — 11
  - 2.2.2 Nachgiebige Gelenke — 12
- 2.3 Nachgiebige Aktuatoren und Sensoren — 16
  - 2.3.1 Nachgiebige Aktuatoren — 16
  - 2.3.2 Nachgiebige Sensoren — 17
  - 2.3.3 Multifunktionalität — 21
- 2.4 Verformungsverhalten nachgiebiger Systeme — 22
  - 2.4.1 Stabiles Verhalten — 23
  - 2.4.2 Instabiles Verformungsverhalten — 26

## 3 Modellierung nachgiebiger Systeme als Starrkörpersystem — 32

- 3.1 Annahmen für die Modellbildung — 32
- 3.2 Modelle für einzelne Belastungsfälle — 36
- 3.3 Modell für verteilte Nachgiebigkeit bei komplexen Belastungen — 39
- 3.4 Modell für konzentrierte Nachgiebigkeit bei komplexen Belastungen — 41
- 3.5 Validierung des Modells — 41
- 3.6 Seriell kaskadierte Starrkörpergelenke — 44
- 3.7 Beispiele zur Modellbildung eines Starrkörpersystems — 47
  - 3.7.1 Ein Greifersystem mit zwei Gelenken — 47
  - 3.7.2 Ein Greifer mit mehreren Gelenken — 49
  - 3.7.3 Parallele Führung durch kaskadierte nachgiebige Elemente — 51

## 4 Modellierung großer Verformungen gekrümmter Balkensysteme — 55

- 4.1 Annahmen für die Modellbildung — 55
- 4.2 Gleichgewichtsbedingungen für ein Balkenelement — 59
  - 4.2.1 Gleichgewichtsbedingungen in Vektorform — 59
  - 4.2.2 Ableitungen der Basisvektoren — 62
  - 4.2.3 Basisvektoren im natürlichen Koordinatensystem — 64
  - 4.2.4 Zusammenhang zwischen natürlichem und mitgeführtem Koordinatensystem — 67

4.2.5	Weiterentwicklung der Gleichgewichtsgleichungen —	69
4.3	Einbindung der Materialeigenschaften —	70
4.4	Transformationsmatrizen —	76
4.5	Darstellung der Balkenform in kartesischen und mitgeführten Koordinatensystemen —	81
4.6	Verschiebungen des Balkens —	85
4.7	Zusammenfassende Darstellung der Verformungsgleichungen —	87
4.7.1	Vektorform der Verformungsgleichungen für ein mitgeführtes Koordinatensystem in einem Raum —	87
4.7.2	Skalare Verformungsgleichungen für ein mitgeführtes Koordinatensystem in einem Raum —	89
4.7.3	Skalare Verformungsgleichungen für ein mitgeführtes Koordinatensystem in einer Ebene —	92
4.7.4	Vektorform der Verformungsgleichungen für ein kartesisches Koordinatensystem —	94
4.7.5	Skalare Verformungsgleichungen für ein kartesisches Koordinatensystem in einem Raum —	95
4.7.6	Skalare Verformungsgleichungen für ein kartesisches Koordinatensystem in einer Ebene —	98
4.7.7	Verzweigte nachgiebige Mechanismen —	99
4.7.8	Transversalsymmetrische nachgiebige Gelenke —	101
4.7.9	Erweiterung der Theorie großer Verformungen —	105
<b>5</b>	<b>Beispiele zur Analyse großer Verformungen gekrümmter Balkensysteme —</b>	<b>108</b>
5.1	Ebene Probleme im mitgeführten Koordinatensystem —	109
5.1.1	Ein pneumatisch angetriebener Greiferfinger —	111
5.1.2	Ein Schlauch mit ausströmender Flüssigkeit —	114
5.1.3	Zwei hohle Balken mit nicht konstanten Querschnittsflächen —	119
5.1.4	Ein beschichtetes Hohlraumsystem —	122
5.2	Räumliche Probleme im mitgeführten Koordinatensystem —	126
5.2.1	Ein schraubenlinienförmiger Balken unter Innendruck —	126
5.2.2	Ein Bohrer unter Belastung durch Momente —	132
5.3	Ebene Probleme im kartesischen Koordinatensystem —	135
5.3.1	Ein Fühler zur Messung dynamischer Drücke —	135
5.3.2	Nachgiebige Elemente zur Überwachung der Winkelgeschwindigkeit —	138
5.3.3	Ein Greifer mit einem nachgiebigen Körper —	141
5.3.4	Zwei nachgiebige Mechanismen —	147

5.4	Räumliche Probleme im kartesischen Koordinatensystem —	151
5.4.1	Eine nachgiebige Führungsvorrichtung mit veränderlicher Nachgiebigkeit —	151
5.4.2	Ein Greifer mit nachgiebigen gekrümmten Fingern —	156
<b>6</b>	<b>Synthesemethoden nachgiebiger Systeme mit Beispielen —</b>	<b>161</b>
6.1	Synthesemethode auf Basis der Modellbildung nachgiebiger Mechanismen als Starrkörpersystem —	161
6.2	Synthesemethode auf Basis der Theorie großer Verformungen gekrümmter Balkensysteme —	167
<b>7</b>	<b>Ausgewählte Beispiele zur Dimensionierung von nachgiebigen Systemen —</b>	<b>177</b>
7.1	Dimensionierung eines nachgiebigen Mechanismus zur Führung eines Körpers mit konstanter Kraft —	177
7.1.1	Dimensionierung einer gekrümmten Struktur für die Führung mit konstanter Kraft —	177
7.1.2	Auslegung einer geraden Struktur für die Führung mit konstanter Kraft —	182
7.2	Dimensionierung eines nachgiebigen Aktuators für medizintechnische Anwendungen —	185
7.2.1	Herangehensweise zur Synthese eines nachgiebigen fluidmechanischen Aktuators —	188
7.2.2	Skalierung des nachgiebigen fluidmechanischen Aktuators —	189
7.2.3	Ermittlung des Elastizitätsmoduls —	191
7.2.4	Ermittlung der Abmessungen eines geraden konisch geformten Aktuators —	192
7.2.5	Synthese eines geraden Aktuators mithilfe eines polynomialen Ansatzes —	195
7.2.6	Synthese eines gekrümmten, konisch geformten Aktuators —	197
7.2.7	Insertionsprozess gerader und gekrümmter Aktuatoren —	200

**Literatur — 204**

**Register — 208**