

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Formelzeichen	III
1 Einleitung	1
1.1 Hintergrund	1
1.2 Problemstellung	1
1.3 Zielsetzung und Überblick	3
2 Stand der Erkenntnisse	6
2.1 Konstruktive Betrachtung	6
2.1.1 Allgemeines	6
2.1.2 Modifizierung der Antriebsmechanik	7
2.1.3 Steifigkeitsoptimierte Leichtbauweise	8
2.2 Verwendung von Leichtbaumaterial - FKV	9
2.2.1 Spezifische Festigkeit und Steifigkeit	9
2.2.2 Werkstoffgerechte Gestaltung	12
2.3 Dynamische Robotersimulation	16
2.3.1 Modellierung eines Industrieroboters als starres Mehrkörpersystem	17
2.3.2 Modellierung eines Industrieroboters als elastisches Mehrkörpersystem	18
3 Anisotrope und Einstellbarkeit von FKV	21
3.1 Anisotrope Materialeigenschaften	22
3.1.1 Zur Mechanik anisotroper Körper	22
3.1.2 Elastizitätsgesetze anisotroper Körper	23
3.1.3 Richtungsabhängigkeit der Elastizitätsgrößen	27
3.1.4 Extremwerte der Elastizitätsgrößen	30
3.2 Zusammenhang zwischen den Schicht- und Komponenteneigenschaften	32
3.2.1 Einführung	32
3.2.2 Bestimmung der Grundelastizitätsgrößen einer UD-Schicht mit der Hilfe der Mikromechanik	33
4 Untersuchungen der inhomogenen Eigenschaften von FKV-Bauteilen	41
4.1 Mikromechanische Analyse zur Dehnungsüberhöhung	41
4.1.1 Zur Dehnungsüberhöhung zwischen Faser und Matrix	41
4.1.2 Formeln zur Berechnung des Dehnungsüberhöhungsfaktors	44
4.1.3 Interpretation der Ergebnisse	53
4.2 Numerische Simulation des Verbindungszustands	59
4.2.1 Vorbemerkungen zu den verwendeten numerischen Verfahren	59
4.2.2 Modellbildung für die FE-Berechnung	60
4.2.3 Interpretation der Simulationsergebnisse	64

5	Analytische Untersuchung der Dämpfungseigenschaften von Faserkunststoffverbunden	72
5.1	Methode der komplexen Module für homogene viskoelastische Materialien	72
5.2	Elastisch-viskoelastisches Korrespondenzprinzip	74
5.3	Mikromechanik-Modell	74
5.3.1	Packungsgeometrie und repräsentatives Volumenelement	74
5.3.2	Verschiebungsfelder unter axialer Belastung	76
5.3.3	Äquivalente Komplexe Module	79
6	Einsatz von numerischen Analyse- und Optimierungsverfahren	83
6.1	Einsatz der FEM bei FKV-Konstruktion	85
6.1.1	Integration der FEM und der Verzerrungsenergiemethode	85
6.1.2	Integration der FEM und der klassischen Laminattheorie	87
6.2	Einsatz von numerischen Optimierungsmethoden	89
6.2.1	Allgemeines	89
6.2.2	Optimierung mit diskreten Variablen	91
6.2.3	Mehrzieloptimierung mit gemischten Variablen	94
6.2.4	Systematische Optimierungsmethodik	99
7	Anwendung der gewonnenen Kenntnisse zur Dämpfungsoptimierung	102
7.1	Erhöhung der Werkstoffdämpfung	102
7.1.1	Mikromechanische Analyse der Werkstoffdämpfung	102
7.1.2	Makromechanische Analyse der Werkstoffdämpfung	104
7.2	Erhöhung der Strukturdämpfung	107
7.2.1	FKV-Oberflächenschichten	107
7.2.2	Optimierung der Dämpfungseigenschaften von FKV für den Einsatz als FKV-Oberflächenschichten	108
7.2.3	Untersuchung der Strukturdämpfung mit Hilfe der Verzerrungsenergiebasierten FEM	110
7.3	Optimierung von FKV-Konstruktionen	112
7.3.1	Anwendungsbeispiel für die Optimierung mit diskreten Variablen	112
7.3.2	Anwendungsbeispiel für die Mehrzieloptimierung mit diskreten Variablen	115
8	Zusammenfassung und Ausblick	117
9	Literatur	120