

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Motivation	1
1.2	Zielsetzung	2
1.3	Aufbau der Arbeit	4
2	Textile Gewebe	7
2.1	Anwendungsbereiche	7
2.2	Herstellung	9
2.3	Werkstoffeigenschaften	12
2.3.1	Verformungsverhalten	12
2.3.2	Versuchsmethoden	14
2.4	Modellierungsansätze	17
2.4.1	Phänomenologische Modelle	19
2.4.2	Physikalisch-motivierte Modelle	19
3	Modellbildung	25
3.1	Strukturmodellierung	25
3.1.1	Hyperelastische Formulierungen	25
3.1.2	Mehrskalenmodellierung	29
3.2	Repräsentative Volumenzelle	30
3.2.1	Nomenklatur	31
3.2.2	Kinematikmodell	33
3.3	Kopplung des Kinematikmodells	38
3.3.1	Zwangsbedingungen	39
3.3.2	Numerische Lösung	40
3.3.3	Spannungstensor	42
4	Charakterisierung	45
4.1	Probenmaterial	46
4.2	Mikrostrukturanalyse	46
4.3	Kompressionsversuche	48
4.3.1	Versuchsdurchführung	48
4.3.2	Materialmodellierung	49

4.3.3	Parameteridentifikation	50
4.4	Uniaxialzugversuche	52
4.4.1	Versuchsdurchführung	52
4.4.2	Materialmodellierung	53
4.4.3	Parameteridentifikation	61
4.5	Scherrahmenversuche	63
4.5.1	Versuchsdurchführung	63
4.5.2	Materialmodellierung	64
4.5.3	Parameteridentifikation	68
5	Validierung	73
5.1	Elementare Berechnungen	74
5.1.1	Numerische Ergebnisse	75
5.1.2	Parametersensitivitäten	76
5.1.3	Modellvergleiche	83
5.2	Finite-Elemente-Simulationen	85
5.2.1	Charakterisierungsversuche	86
5.2.2	Netzabhängigkeitsstudie	89
5.2.3	Rechenleistung	93
6	Anwendung	97
6.1	Ballistische Körperschutzwesten	98
6.1.1	Versuchsmatrix	101
6.1.2	Experimentelle Ergebnisse	103
6.1.3	Finite-Elemente-Simulationen	107
6.1.4	Numerische Parameterstudien	113
6.1.5	Zusammenfassung	117
6.2	Ergänzende Beispiele	118
6.2.1	Tiefziehen eines Prepreg	118
6.2.2	Entfaltung eines Airbags	124
7	Zusammenfassung	133
7.1	Diskussion	134
7.2	Ausblick	136
A	Faserwerkstoffe	139
A.1	Charakterisierung	139
A.2	Anforderungen	140
A.3	Herstellung	142
A.4	Werkstoffauswahl	145

B	Kontinuumsmechanik	153
B.1	Kinematik	153
B.1.1	Darstellungen und Konfigurationen	153
B.1.2	Koordinatentransformationen	154
B.1.3	Deformationsgradient	156
B.1.4	Verzerrungsmaße	157
B.1.5	Spannungstensoren	160
B.2	Erhaltungssätze	163
B.2.1	Erhaltung der Masse	163
B.2.2	Erhaltung des Impulses	164
B.2.3	Erhaltung des Dralls	165
B.2.4	Erhaltung der Energie	165
B.2.5	Entropieungleichung	167
B.3	Stoffgesetze	168
B.3.1	Spannungsberechnung	169
B.3.2	Hyperelastische Materialien	170
C	Numerische Verfahren	177
C.1	Anfangsrandwertproblem	177
C.2	Finite-Elemente-Methode	180
C.2.1	Räumliche Diskretisierung	180
C.2.2	Zeitliche Diskretisierung	182
	Literaturverzeichnis	185