

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
1.1. Reifen	3
1.2. Reifenmodelle	6
1.2.1. Empirische Modelle	7
1.2.2. MKS-Reifenmodelle	8
1.2.3. FE-Reifen	11
1.3. Schalen	12
1.4. Fokus und Aufbau der Arbeit	14
2. Kontinuumsmechanik der Schale	17
2.1. Kinematik der Schale	17
2.2. Schwache Formulierung der Impulsbilanzgleichung	22
2.2.1. Integral der inneren Kräfte	23
2.2.2. Äußere Kräfte und Dynamik	24
2.3. Mathematische Formulierung des nichtlinearen Problems	26
2.3.1. Statisches Problem	26
2.3.2. Dynamisches Problem	29
3. Diskretisierung	31
3.1. Räumliche Diskretisierung mittels Finiter Elemente	31
3.1.1. Tangentenmatrix	35
3.2. Zeitintegration	36
3.2.1. BDF-Verfahren	38
3.2.2. Diskrete Nullraummethode	39
4. Erweiterung des Schalenmodells	43
4.1. Materialmodelle	43
4.1.1. Isotropes Material	45
4.1.2. Orthotropes Material	45
4.1.3. Mehrschichtiger Materialaufbau	48
4.2. Reifen-Fahrbahn-Kontakt	51
4.2.1. Grundlagen	51
4.2.2. Schwache Formulierung und Gleitwegberechnung	55
4.2.3. Kontaktdiskretisierung	58
4.3. Wechselwirkung mit einem Mehrkörpersystem	69
4.4. Eigenschwingungen	73
4.4.1. ALE-Formulierung des Schalenkontinuums	74
4.4.2. Linearisierung des Systems	79

Inhaltsverzeichnis

5. Simulationsergebnisse	83
5.1. Statische Benchmarks	83
5.1.1. Balken mit Linienlast	84
5.1.2. Auseinanderziehen eines Zylinders	84
5.1.3. Zusammendrücken eines Zylinders	86
5.2. Verifikation des orthotropen Materials	88
5.2.1. Zusammendrücken eines Halbzylinders mit mehrschichti- gem Materialaufbau	88
5.2.2. Biegung eines Zylinders	89
5.3. Eigenfrequenzen	90
5.3.1. Einfach abgestützte Platte	91
5.3.2. Drehender Zylinder	93
5.4. Reifensimulation	96
5.4.1. Abplatten gegen Schlagleiste	98
5.4.2. Simulation von Prüfstandsversuchen	100
5.5. Viertelfahrzeug	111
6. Zusammenfassung und Ausblick	119
 Anhang	 121
A. Notation der Differentialoperatoren	123
B. Funktionalanalytische Hilfsmittel	125
C. Herleitung aus der Energieminimierung	129
D. Interpolationsfunktionen der Lagrange-Multiplikatoren	133