

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Problemstellung	1
1.2	Das fluidmechanische Kopplungsproblem	4
1.2.1	Zweiphasenströmungen – Kavitation	5
1.2.2	Massenaustauschterme	7
1.2.3	Stand der Kavitationsrechnung	9
1.3	Motivation und Zielsetzung	9
2	Theorie räumlich gekrümmter Balken	13
2.1	Zur Entwicklung der Berechnungsverfahren	13
2.2	Die Grundgleichungen von Wittrick	14
3	Das Finite Balkenelement	19
3.1	Die Methode der Übertragungsmatrizen	20
3.2	Die Steifigkeitsformulierung	21
3.3	Nichtlineare Verzerrungen	24
3.4	Nichtlineare Steifigkeit	26
3.5	Die Massenmatrix	30
3.6	Tangentiale Steifigkeit	31

4	Kontaktelemente und Nichtlinearitäten	35
4.1	Kontaktgeometrie und -kinematik	36
4.2	Das Kontaktgesetz	38
4.3	Lagrange Multiplikatoren	40
4.4	Die Augmented Lagrange Methode	43
4.5	Das Coil-Contact Element	49
4.6	Das Kegel-Element	54
4.7	Kraftrandbedingungen und Einzelträgeiten	60
5	Simulation der Stoßdynamik	63
5.1	Das Zeitintegrationsverfahren	64
5.2	Konvergenz und Abbruchkriterien	66
5.3	Implizite Zeitintegration mit der β - m -Methode	67
6	Rechenergebnisse und Validierung	69
6.1	Statische Ergebnisse	69
6.2	Resultate der Federdynamik	74
6.3	Beurteilungskriterien einer Schadenstheorie	86
7	Zusammenfassung	89
A	Zweiphasenströmungen	99
A.1	Wechselwirkungsterme	99
A.2	Die Erhaltungsgleichungen	100
B	Mathematischer Hintergrund	105
B.1	Komplementäre Bedingungen und Variationsungleichungen	105
B.2	Verallgemeinerte Gleichungen	106
B.3	Die Karush-Kuhn-Tucker Bedingungen	106
B.4	B-differenzierbare Gleichungen	107

C Bildanhang zur Simulation der Federdynamik	109
D Elemente der Ansatzmatrizen	125