

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	xiii
1 Einleitung	1
1.1 Motivation	1
1.2 Begriffserklärung	3
1.3 Stand der Technik	5
1.4 Ziele und Umfang dieser Arbeit	16
2 Theoretische Grundlagen	19
2.1 Stoßmodelle	19
2.1.1 Explizites Stoßmodell	19
2.1.2 Implizites Stoßmodell der unendlichen Platte	24
2.1.3 Implizites Feder-Masse-Modell für Stöße	26
2.1.4 Implizites Energie-Balance-Modell	28
2.1.5 Zusammenfassung	29
2.2 Kontaktmodelle	31
2.2.1 Hertz'sches Modell	31
2.2.2 Modifiziertes Hertz'sches Modell	32
2.2.3 Linearisiertes Hertz'sches Modell	32
2.2.4 Durchbiegungsmodell	34
2.2.5 Dickenmodell	34
2.3 Auswahl geeigneter Stoß- und Kontaktmodelle	35
2.4 Schadensmodelle	43
2.4.1 Definition von Schaden	43
2.4.2 Bewertung zum Vorliegen eines Schadens	44
3 Methodik zur Bewertung von Schäden durch Schlag	47
3.1 Bestimmung der Plattensteifigkeiten	48
3.1.1 Herleitung der kinematischen und konstitutiven Gleichungen	49
3.1.2 Aufstellen der Variationslösung	53
3.2 Berechnung mit FEniCS	54
3.3 Vorstellung des Algorithmus	59
3.4 Validierung des Algorithmus	60
3.4.1 Verifizierung der Plattensteifigkeitsberechnung mit alternativem Solver	61
3.4.2 Validierung des geglätteten Feder-Masse-Modells	62
3.4.3 Validierung des Schadenmodells	64

4 Analyse von Stoßvorgängen	69
4.1 Rückführung auf Stoß zweier Massen	69
4.2 Vorhersage von Schäden auf Basis quasi-statischer Eindrückversuche	74
4.3 Besondere Eigenschaften von Stößen für unterschiedliche Massenverhältnisse	75
4.4 Konsequenzen für den Leichtbau	76
4.4.1 Einfluss Seitenverhältnis und Randbedingungen	77
4.4.2 Einfluss Lagenaufbau	78
4.4.3 Zusammenfassung	81
5 Analyse des Einflusses von Stößen auf Leichtbaukonstruktionen	83
5.1 Vorstellung des Referenzflugzeugs	83
5.2 Überführung der Omega-Stringer in Torsionsfedern	86
5.3 Verifizierung der Plattensteifigkeitsberechnung	89
5.4 Berechnung von Stößen	90
5.5 Szenario-Erstellung und Durchführung	92
5.5.1 Szenario 1 - Ausgangsszenario	94
5.5.2 Szenario 2 - Energiebeschränkung	96
5.5.3 Szenario 3 - Berücksichtigung menschlicher Ergonomie	98
5.5.4 Szenario 4 - Einbezug Wahrscheinlichkeitsverteilungen	101
5.6 Interpretation der Ergebnisse	105
6 Zusammenfassung, Schlussfolgerung und Ausblick	109
Literaturverzeichnis	115
A Herleitung materialspezifischer Parameter für Dickenmodell	125
B Zeitliche und räumliche Auflösung des expliziten Modells	127
C Benutzte Materialparameter	129
D Stoß auf isotrope Platte	131
E Ergebnisse aus den Szenarien 1-4	133