

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungs- und Symbolverzeichnis	III
1. Einleitung.....	1
1.1 Problemstellung	1
1.2 Motivation und Zielsetzung.....	3
1.3 Konzeption.....	4
2. Grundlagen zur Optimierung von Crashstrukturen	7
2.1 Definition eines Optimierungsproblems.....	7
2.2 Aufbau einer Optimierungsprozedur	8
2.3 Grundlagen der Crashberechnung	9
2.3.1 Nicht-Linearitäten	9
2.3.2 Methode der Finiten Elemente	10
2.3.3 Simulation von dynamisch nicht-linearem Strukturverhalten.....	13
2.3.4 Kontaktmodellierung.....	14
2.4 Optimierungsalgorithmen.....	17
2.5 Die Dichtemethode zur Topologieoptimierung.....	21
3. Stand der Forschung zur Topologieoptimierung von crashbelasteten Bauteilen ...	23
3.1 Optimierung eines Ersatzproblems.....	23
3.2 Auf Profilstrukturen spezialisierte Verfahren	29
3.3 Sensitivitäten-Ermittlung bei dynamisch nicht-linearen Problemstellungen	32
3.4 Hybrider zellulärer Automat.....	33
3.5 Directional Evolutionary Structural Optimization	36
3.6 Weitere Optimierungsmethoden.....	37
3.7 Fazit	39
4. Fertigungsrestriktion zur einstufigen Tiefziehbarkeit	41
5. Optimierungsprozess der Topologie- und Formoptimierung crashbeanspruchter Tiefziehblech-Bauteile	45
5.1 Prinzipieller Ablauf	45
5.2 Folgen der Linearisierung und statischen Betrachtung	49
5.3 Ein Beispiel von Eingangsdaten für den NOCS-Prozess	50
6. Innere Schleife des Optimierungsprozesses	53
6.1 Ablauf der inneren Schleife.....	53
6.2 Beispiel einer Topologieoptimierung mit Tiefziehrestriktion.....	56
7. Äußere Schleife des Optimierungsprozesses.....	61
7.1 Crashberechnung	61

7.2	Generierung von Lastfällen für die innere Schleife.....	61
7.2.1	Prinzipielle Vorgehensweise	61
7.2.2	Auswahl der Zeitpunkte zur Lastfall-Generierung.....	63
7.3	Überführung vom Voxel-Ergebnis zum Schalen-Modell.....	65
7.4	Konvergenzverhalten der äußeren Schleife	67
7.5	Zielfunktionen in der äußeren Schleife.....	68
8.	Praktische Anwendungen.....	71
8.1	Untersuchte Modelle	71
8.1.1	Schalen-Modell „Biegung“.....	71
8.1.2	Schalen-Modell „Torsion“.....	72
8.1.3	Schalen-Modell „Seitlich“	76
8.1.4	Schalen-Modell „Frontal“	77
8.1.5	Schalen-Modell „Seitlich mit Barriere“	78
8.1.6	Schalen-Modell „Schubfeld“	79
8.2	Minimierung der mittleren Nachgiebigkeit in der inneren Schleife.....	83
8.2.1	Ergebnisse für das Modell „Biegung“	84
8.2.2	Ergebnisse für das Modell „Torsion“	92
8.2.3	Ergebnisse für das Modell „Seitlich“	96
8.2.4	Ergebnisse für das Modell „Frontal“	102
8.2.5	Ergebnisse für das Modell „Seitlich mit Barriere“.....	106
8.2.6	Ergebnisse für das Modell „Schubfeld“	110
8.3	Untersuchung zu unterschiedlichen Belastungsrichtungen	114
8.4	Maximierung der Beulsicherheit in der inneren Schleife	122
8.4.1	Definition der Optimierungsaufgabe	122
8.4.2	Ergebnisse für das Modell „Seitlich“	123
8.4.3	Ergebnisse für das Modell „Frontal“	125
8.5	Diskussion zu möglichen Abbruchkriterien	127
8.6	Zusammenfassung anwendungsbezogener Erkenntnisse	130
9.	Zusammenfassung und Ausblick	133
9.1	Das Wichtigste zu NOCS	133
9.2	Grenzen der Methode.....	133
9.3	Perspektiven zur Weiterentwicklung der Methode.....	134
	Literaturverzeichnis.....	139
	Vorveröffentlichungen	146