

Inhaltsverzeichnis

Symbolverzeichnis

ix

1	Einleitung	1
1.1	Motivation	1
1.2	Zielvorstellung	3
1.3	Bisheriger Einsatz von schrägversteiften CFK-Strukturen	4
1.4	Vorgehensweise	4
2	Theoretische Grundlagen	7
2.1	Faserverbundwerkstoffe	7
2.1.1	Materialeigenschaften	7
2.1.2	Klassische Laminattheorie	8
2.1.3	Versagenkriterien	9
2.1.4	Spannungskriterien	9
2.1.5	Dehnungskriterien	13
2.1.6	Kennwerte des verwendeten CFK-Materials	14
2.2	Finite Elemente Methode	15
2.2.1	ANSYS	15
2.2.2	Statische lineare Analyse	15
2.2.3	Eigenanalyse	16
2.2.4	Statische nichtlineare Analyse	16
2.3	Stabilitätsverhalten von versteiften Platten	19
2.3.1	Lokales Beulen	21
2.3.2	Beulen von orthotropen Hautfeldern	23
2.3.3	Globales Beulen	24
2.4	Optimierung	24
2.4.1	Lokale Suchverfahren	25
2.4.2	Metaheuristische Verfahren	27
2.4.3	Evolutionäre Algorithmen	27
2.4.4	Ant-Colony-Optimization (ACO)	28
2.5	Lasten und Randbedingungen	38
2.5.1	Definition des Lastvektors	39
2.5.2	Periodische Randbedingungen	39
2.5.3	Periodische Randbedingungen für eine einseitige Lasteinleitung	40
2.5.4	Periodische Randbedingungen für eine mögliche Lasteinleitung an den Umlaufenden Rändern	41

vii

3	Voruntersuchungen zu schrägversteiften Strukturen	43
3.1	Referenzstruktur	43
3.2	Panel mit Schrägversteifungen	44
3.3	Untersuchte Lastfälle	45
3.4	Verwendete Versagenskriterien	46
3.4.1	Globales Beulversagen	47
3.4.2	Maximal ertragbare Spannungen	50
3.4.3	Zulässige Dehnungen	51
3.4.4	Schub-/Druck- Interaktionskurven	51
3.5	Ergebnisse	51
3.6	Bedeutung von Umfangsversteifungen	55
3.7	Fazit	58
4	Optimierung verschiedener Versteifungskonzepte mittels ACO	61
4.1	Optimierungsumgebung	61
4.2	Eingesetzter Ant-Colony-Algorithmus (Str-ACO)	62
4.3	Konfiguration des Str-ACO-Algorithmus	68
4.4	Validierung des Str-ACO-Algorithmus	69
4.5	Optimierung eines gekrümmten CFK-Hautfelds	80
4.6	Optimierung einer orthogonalversteiften Platte	95
4.7	Triagonalgrid	111
5	Fazit	139
5.1	Bewertung des eingesetzten Str-ACO Algorithmus	141
5.2	Ausblick	143
	Literaturverzeichnis	145
A	Hautfeldoptimierung	148
B	Plattenoptimierung	164
C	Stufen der 60°-Optimierung	168