

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	ix
Tabellenverzeichnis	xiii
Symbolverzeichnis	xv
1 Einleitung	1
1.1 Stand der Technik	5
1.2 Zielvorstellung	7
1.3 Vorgehensweise	8
2 Theoretische Grundlagen	9
2.1 Funktionsweise der elektromechanischen Enteisung	9
2.2 Finite Elemente Methode	11
2.2.1 Magnetfeldberechnung	11
2.2.2 Strukturberechnung	14
2.2.3 Spannungs- und Dehnungskriterien	16
2.2.4 Dämpfung	18
2.2.5 Interpolation von FE Kräften	19
2.3 Materialkennwerte von Faserverbundstrukturen	20
2.4 Grundlagen der Versuchsauswertung	22
2.4.1 Temperatureinfluss	22
2.4.2 Strommessung mittels einer Rogowskispule	23
2.4.3 Messung der Auslenkung durch Lasertriangulation	23
2.4.4 Schubspannung durch Biegebelastung eines Balkens	25
3 Experimentelle Versuchsreihen ebener Platten	27
3.1 Versuchsaufbau	27
3.1.1 Versuchsaufbau ohne Eisaufbringung	27
3.1.2 Versuchsaufbau mit Eisaufbringung	29
3.1.3 Messung der Eisadhäsion	30
3.2 Versuchsvorbereitung	31
3.2.1 Fertigung der CFK-Platten	31
3.2.2 Einspannung der Testplatten	32
3.2.3 Aufbringung der Eisschicht	33
3.3 Versuchsdurchführung	34
3.3.1 Einzelmessungen zur Validierung des FE Modells	34
3.3.2 High-Cycle Fatigue Test	35

Inhaltsverzeichnis

3.3.3	Messungen mit Eisschichten	35
3.3.4	Eisadhäsionsmessung	38
3.4	Versuchsergebnisse	39
3.4.1	Einzelmessungen ohne Eisschicht zur Validierung	39
3.4.2	Plattenversuche mit Eisschichten	47
3.4.3	Eisadhäsionsmessungen	52
4	Finite Elemente Plattenmodell	57
4.1	Modellbeschreibung	57
4.2	Ergebnisse der Modellvalidierung ohne Eisschicht	59
4.2.1	Aluminiumplatten	59
4.2.2	CFK-Platten	63
4.2.3	Einfluss der Dämpfung	64
4.2.4	Fazit	65
4.3	Magnetkräfte	66
4.3.1	Analyse der wirkenden Magnetkräfte	66
4.3.2	Übertragung der Kräfte auf andere Modelle	68
5	Numerische Simulation und Validierung der Plattenenteisung	71
5.1	Simulation der Balkenversuche zur Eisadhäsionsbestimmung	71
5.1.1	Beschreibung des Balkenmodells	71
5.1.2	Lineare Berechnung der Balkenbiegung	72
5.2	Entwicklung und Implementierung eines Eisadhäsionskriteriums	73
5.2.1	Bestimmung der kritischen Schubspannung τ_{cr}	74
5.3	Simulation vereister Aluminiumplatten	77
5.3.1	Impulsstärke 1,0 mm	78
5.3.2	Impulsstärke 1,5 mm	80
5.3.3	Impulsstärke 2,0 mm	82
5.3.4	Impulsstärke 2,5 mm	84
5.3.5	Parametervariation	85
5.4	Fazit	87
6	Anwendungsbeispiel an einer Flügelvorderkante	89
6.1	Modellbeschreibung	89
6.2	Belastung an einer Spulenposition	91
6.3	Belastung an zwei Spulenpositionen	95
6.4	Fazit	101
7	Zusammenfassung	103
Literaturverzeichnis		105
A Abbildungen und Diagramme		111
B Tabellen		155