

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Nomenklatur	III
Abkürzungen	VI
1 Einleitung	1
2 Automatische Inspektion mit integrierten Sensoren	3
2.1 Hintergrund und Anwendungsmöglichkeiten	3
2.2 Stand der Technik	7
2.3 Ziel und Konzeption der Arbeit	11
3 Theoretische Grundlagen	15
3.1 Schlagschädigung von Verbundstrukturen	15
3.2 Piezokeramik	17
3.3 Lamb-Wellen	17
3.4 Faseroptische Bragg-Gitter-Sensoren	20
4 Strukturüberwachung mit Lamb-Wellen	27
4.1 Konzept zur Schadensdetektion mit Lamb-Wellen	27
4.2 Simulation der Ausbreitung von Lamb-Wellen	29
4.2.1 <i>Numerische Simulation der Wellenanregung mit EFIT</i>	30
4.2.2 <i>Finite-Elemente-Analyse der Wellenausbreitungsmuster</i>	31
4.2.3 <i>Analytische Berechnung des Dispersionseinflusses</i>	34
4.3 Dateninterpretation	37
4.3.1 <i>Ellipsenverfahren</i>	38
4.3.2 <i>Modensprungverfahren</i>	40
4.3.3 <i>Transmissionsenergie und Korrelation der Sensorsignale</i>	42
4.4 Signalverarbeitung	43
4.4.1 <i>Aufgabe der Signalverarbeitung</i>	44
4.4.2 <i>Kurzzeit-Fourier-Transformation und Cepstrum</i>	45
4.4.3 <i>Zerlegung des Sensorsignals durch Wavelet-Transformation</i>	47
4.4.4 <i>Signalangepasste Filterung und Pulskompression</i>	50
4.4.5 <i>Diskussion verschiedener Anregungssignale</i>	53
4.4.6 <i>Kompensation der Dispersion</i>	59
4.5 Vorversuche	60
4.5.1 <i>Beschreibung des Messsystems</i>	60
4.5.2 <i>Linearität des Übertragungssystems und Instrumentendrift</i>	62
4.5.3 <i>Bestimmung der Systemübertragungsfunktion</i>	66
4.5.4 <i>Simulation auf Basis der gemessenen Übertragungsfunktion</i>	69
4.5.5 <i>Visualisierung der Wellenausbreitung</i>	71
4.6 Ergebnisse zur Schadensdetektion mit Lamb-Wellen	73
4.6.1 <i>Aluminiumplatte</i>	74

4.6.2	CFK-Platte	81
5	Strukturüberwachung mit faseroptischen Bragg-Gitter-Sensoren	89
5.1	Konzept zur Schadensdetektion mit Bragg-Gitter-Sensoren	89
5.2	Theorie der Dehnungsmessung mit Bragg-Gitter-Sensoren	91
5.2.1	Übertragung der Strukturdehnung in den Sensorkern	91
5.2.2	Bestimmung von Längs- und Querempfindlichkeit	93
5.2.3	Bestimmung ebener Dehnungszustände	97
5.2.4	Kompensation der Querempfindlichkeit	99
5.3	Faseroptisches Messsystem	102
5.4	Kalibrierung strukturintegrierter Bragg-Gitter-Sensoren	104
5.4.1	Experimentelle Kalibrierung	104
5.4.2	Finite-Elemente-Analyse	115
5.5	Impact-Detektion mit Bragg-Gitter-Sensoren	125
5.5.1	CFK-Platte ohne Versteifung	125
5.5.2	Versteifter CFK-Plattenstreifen	132
6	Konzeptvergleich	143
6.1	Ergebnisse für die CFK-Integralstruktur	143
6.2	Aspekte für die Praxis	155
7	Zusammenfassung und Ausblick	159
	Literaturverzeichnis	165