

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	1
2	Forschungshypothesen und Struktur der Arbeit	5
2.1	Forschungslücke und Hypothesen	5
2.2	Struktur der Arbeit	9
3	Mechanische Auswirkung der Sensorintegration	11
3.1	Geometrischer Störeinfluss integrierter Sensorik	12
3.2	Festigkeitsdegradation durch neu eingebrachte Grenzflächen	13
3.2.1	Zugfestigkeit der Grenzfläche	15
3.2.2	Rissausbreitung an Grenzflächen in Mode I	17
3.2.3	Interlaminare Scherfestigkeit von Grenzflächen	28
3.2.4	Kombiniertes Versagen im Compression After Impact Test	40
3.3	Steiigkeitsfehlanpassungen und plastische Fließvorgänge	46
3.3.1	Mechanische Parallelschaltung von Sensor und Struktur	46
3.3.2	Spannungsüberhöhungen in der Reihen-Parallel-Konfiguration	49
3.3.3	Spannungsumlagerungen und plastisches Fließen	52
3.4	Schlussfolgerungen	57
4	Auflösungseffekte des Sensorsubstrates	59
4.1	Mischbarkeit und Auflösung	59
4.1.1	Modelle der Mischbarkeit	60
4.1.2	Auflösung thermoplastischer Folien	61
4.2	Wirkung der Auflösung auf die Sensorstrukturen	63
4.3	Unabhängigkeit der Adhäsionsfestigkeit von der Auflösung	73
4.4	Schlussfolgerungen	75
5	Aushärtprozess von Epoxidharzen	77
5.1	Eigenschaftsveränderungen während der Aushärtereaktion	78
5.1.1	Gelierung, Viskosität und Mischbarkeit	80

5.1.2	Verfahren der bauteilintegrierten Aushärteüberwachung . . .	81
5.2	Aushärteinduzierte Veränderungen der elektrischen Eigenschaften.	82
5.2.1	Spezifischer Widerstand und Aushärtegrad.	82
5.2.2	Spezifischer Widerstand und Viskosität	85
5.2.3	Epoxidharz als Dielektrikum.	86
5.3	Beziehung zwischen Temperatur und Aushärtegrad	92
5.4	Schlussfolgerungen	94
6	Interpretation dielektrischer Messdaten	97
6.1	Stand der Forschung	98
6.2	Abgrenzung zwischen Interdigitalsensor und Plattenkondensator	99
6.2.1	Zusammenhang zwischen Permittivität und Kapazität	100
6.2.2	Darstellungsvarianten von Impedanzinformationen	106
6.2.3	Einfluss des Elektrodenpolarisationseffektes	107
6.2.4	Räumliche Ausgestaltung der Elektrodenpolarisation	115
6.2.5	Physikalisch motiviertes Ersatzschaltbild eines Interdigitalsensors	117
6.3	Modellbasierte Parameterextraktion aus gemessenen Spektren . . .	121
6.3.1	Fitting-Modell und freie Parameter.	123
6.3.2	Anpassungsalgorithmus und Fehlermaße	124
6.3.3	Zeitlicher Verlauf der gefitteten Parameter und Modellgüte	125
6.4	Störungsbetrachtung	129
6.4.1	Störeinflüsse im Labor- und Autoklavumfeld	129
6.4.2	Impedanzbetrachtung des eingebetteten Sensors	133
6.5	Schlussfolgerungen	137
7	Prozessüberwachung mit minimalinvasiven integrierten Sensoren	139
7.1	Aushärteüberwachung	140
7.2	Detektion von Anmischfehlern	146
7.3	Einfluss des Fasermaterials	151
7.4	Nichtisotherme Aushärteüberwachung im Glasfaserverbund	154
7.5	Schlussfolgerungen	159
8	Zielkonflikte im Sensordesign	161
8.1	Kapselung und elektrische Isolation	161
8.2	Einfluss des Metallisierungsgrades	166
8.3	Weiterentwicklungsprozess integrierter Sensoren.	168
9	Zusammenfassung und Ausblick	171
	Anhang A: Bruchoberflächen und Bruchbilder.	175
	Literatur.	181