

Schädigungsanalyse von faserverstärkten Thermoplasten mit optisch angeregter Lockin-Thermographie

Jasmin BRÜHMANN *, Christian GRODTMANN **

* Universität Siegen Lehrstuhl für Umformtechnik, Siegen

** Kirchhoff Automotive Deutschland GmbH, Attendorn

Kurzfassung

Die Verwendung der optisch angeregten Lockin-Thermographie (OLT) als zerstörungsfreie Prüfmethode (ZfP-Methoden) für Komponenten aus faserverstärkten Kunststoffen (FVK) hat sich im Bereich des Rennsports, sowie der Luft- und Raumfahrt, etabliert. In diesen Bereichen ist der Einsatz von Duroplaste mit Kohlefaserverstärkung als Leichtbauwerkstoff weit verbreitet. Im Automobilbereich hingegen kommt es aufgrund hoher Stückzahlen und Taktzeiten zu vermehrtem Einsatz von glasfaserverstärkten Thermoplasten, um der Forderung nach Gewichtseinsparungen gerecht zu werden.

Thermoplaste ermöglichen die Umformung plattenförmiger Halbzeuge in Analogie zur Metallumformung. Zur Sicherstellung der Reproduzierbarkeit ergibt sich die Forderung nach inline-fähigen ZfP-Methoden, um die bei der Umformung auftretenden Defekte, wie Delamination, Porösität, Faserverschiebung und Faserknick zu identifizieren.

Die Thermographie beruht auf der Messung lokaler Schwankungen der Wärmeleitkoeffizienten im Material, verursacht durch Lufteinschlüsse oder Grenzflächen an Defekten. Zunächst gilt es somit herauszufinden, welche Defekte (Art, Größe) die Wärmeleitung in welcher Größenordnung beeinflussen.

Für Untersuchungen werden systematisch geschädigte Probekörper mit oben genannten Defekten hergestellt. Diese Proben werden mittels OLT analysiert und mit computertomografischen Referenzbildern verglichen.

Bei der Prüfung der vorliegenden Probekörper mittels der OLT dienen zur simultanen Anregung intensitätsgesteuerte Halogenstrahler, die thermische Wellen über periodische Beleuchtung sicherstellen. Hervorgerufen durch die unterschiedlichen Dicken der Probekörper und dem dadurch für den Wärmefluss variierenden Weg, wird das Prüfsystem sowohl für den Transmissions- als auch für den Reflexionsmodus konfiguriert.

Geprüft werden kleinere, flächenförmige Probekörper sowie zwei größere Prototypenbauteile. Angeregt über definierte Frequenzen, sind die Defektarten Delamination und Faserbruch bei den Probekörpern teilweise identifizierbar. Die Defektart „geknickte Fasern“ kann nicht identifiziert werden.

Um alle genannten Defektarten identifizieren zu können, wird neben der OLT die Terahertz-Analyse zur Überprüfung der Probekörper genutzt. Neben der Identifikation von Defekten bedarf es zudem deren Lokalisierung. Ein erster Ansatz ist, in weiteren Messreihen eine mögliche Korrelation von Anregungsfrequenz, Prüfkörperdicke und der Tiefe, in der sich der Defekt innerhalb des Bauteils befindet, zu überprüfen.



+ WE.MOVE.FUTURE.



UMFORMTECHNIK
UTS
SIEGEN

KIRCHHOFF
AUTOMOTIVE

Schädigungsanalyse von faserverstärkten Thermoplasten mit optisch angeregter Lockin-Thermographie

Thermographie Kolloquium Stuttgart, 26. / 27. September 2013
J.Brühmann & C.Grodtmann

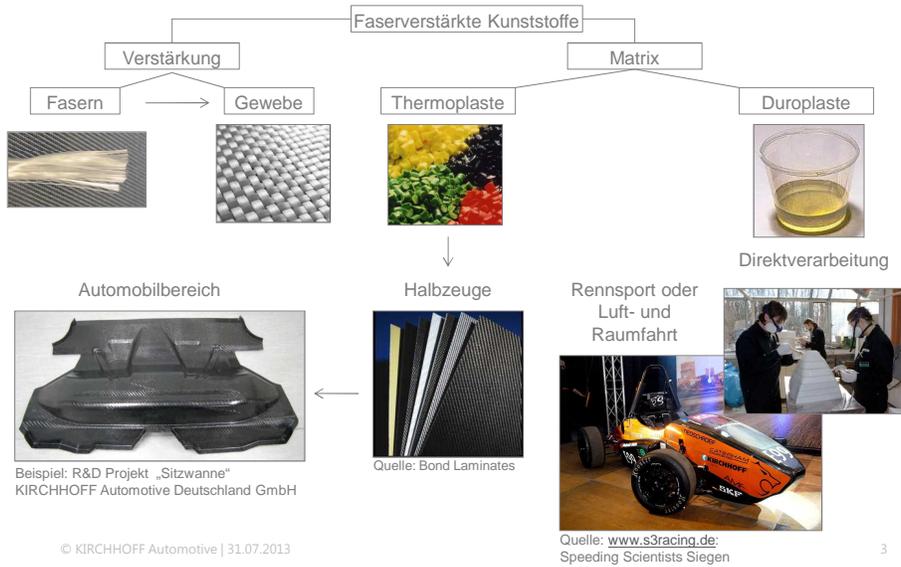
Agenda

UMFORMTECHNIK
UTS
SIEGEN

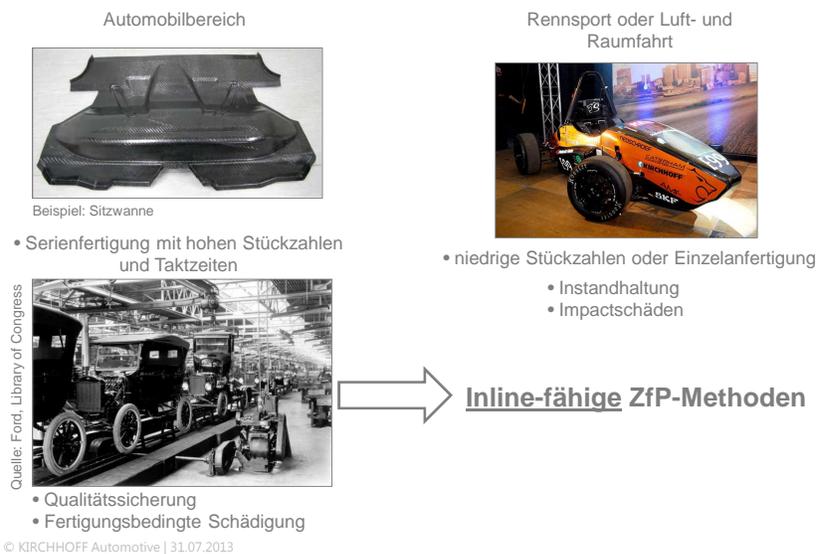
KIRCHHOFF
AUTOMOTIVE

1. CFK vs. GFK
2. Defekte
3. Probenherstellung
4. Messsystemkonfiguration
5. Ergebnisse der Probenmessungen
6. Fazit & Ausblick

1. CFK vs. GFK
1.1 Einsatzbereiche



1. CFK vs. GFK
1.2 Prüfaufgaben



1. CFK vs. GFK 1.3 Herausforderungen

Grundlegendes Messprinzip der ZiP-Methoden:

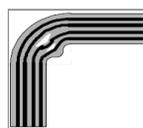
- Aus der Änderung physikalischer Messwerte auf Fehlstellen im Bauteil schließen

Herausforderungen für die Thermographie:

- Inhomogenität der Verbundwerkstoffe
- Unterscheidung Faser – Matrix (thermische Eigenschaften)
- Reflexion der Matrixwerkstoffe

Werkstoff	Wärmeausdehnungs- koeffizient	$\frac{W}{m \cdot K}$
Luft	0,0243	
Polyamid 6	0,35	
Polyamid 66	0,37	
Epoxidharz	0,5	
Kohlefaser	17	
Glasfaser	1	

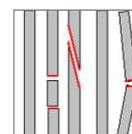
2. Defekte



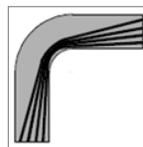
Fasernicken



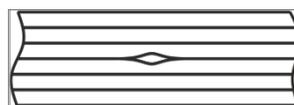
Faserverschiebung



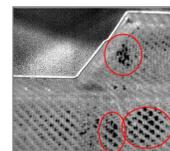
Faserbruch



Matrixmigration



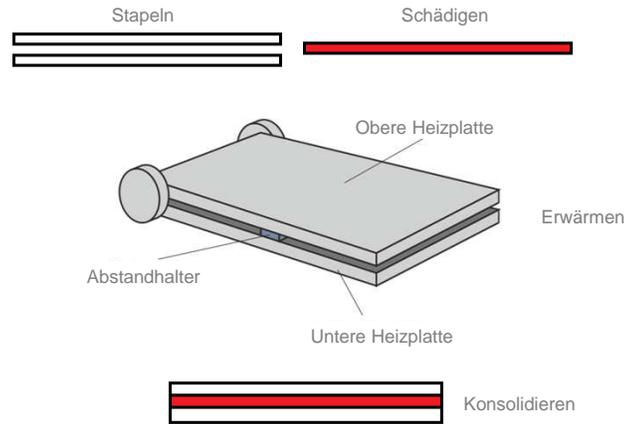
Delamination



Porosität

3. Probenherstellung

3.1 Vorgehensweise



3. Probenherstellung

3.2 Delamination

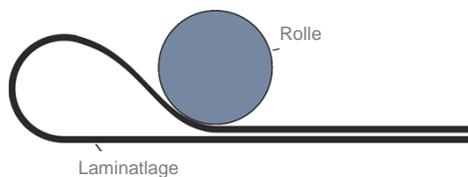


3. Probenherstellung 3.3 Faserbruch



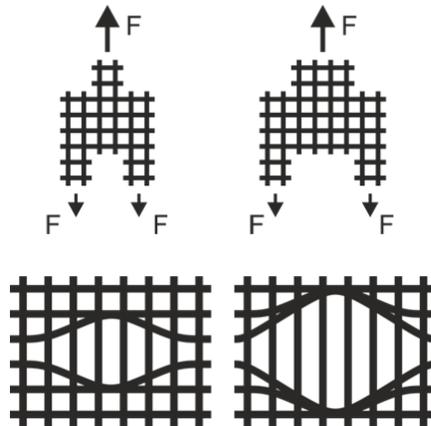
- Zugproben mit Aufleimern → Vermeidung einer Schädigung im Einspannbereich
- Einkerbung zur Bestimmung des Schädigungsortes
- Sorgfältige Ausrichtung in der Fixierung vor der Konsolidierung

3. Probenherstellung 3.4 Faserknick



- Enden Laminatlage fixieren
- Rolle langsam über Laminat führen bis ein Knick entsteht
- Sorgfältige Ausrichtung, damit kein vollständiger Faserbruch entsteht

3. Probenherstellung 3.5 Faserverschiebung



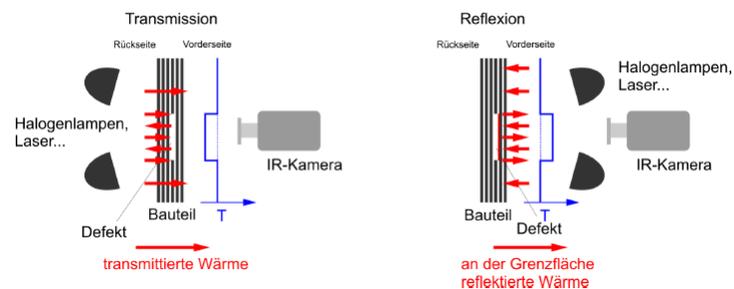
- Zugversuch mit Fixierung einzelner Faserstränge nicht ausreichend

- Verschiebung der Faserstränge nach Erwärmung mit Hilfswerkzeug
- Prüfen der Faserverschiebung nach Konsolidierung

4. Messsystemkonfiguration

Messprinzip:

- Mittels lateral eingeleiteter Wärme werden Temperaturmodulationen erstellt, die simultan erfasst und analysiert werden.
- Die Amplitude und Phase der Temperaturmodulationen stellen das Messergebnis dar
- Mögliche Messmodi: Transmission, Reflexion.



Quelle: Edevis

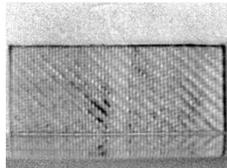
5. Ergebnisse d. Probenmessungen
5.1 Defektart **Delamination**

Messsystem:

- Modus d. Messsystems: Reflexion
- Anregungsquellen: zwei Halogenstrahler mit je 2,5kW
- Gewählte Modulationsfrequenzen: 0,5Hz; 0,2Hz; 0,1Hz

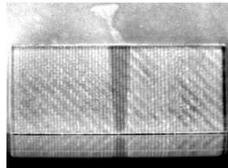
Phasensignatur bei

- 0,5Hz Modulationsfrequenz



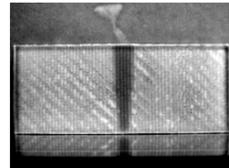
Phasensignatur bei

- 0,2Hz Modulationsfrequenz



Phasensignatur bei

- 0,1Hz Modulationsfrequenz



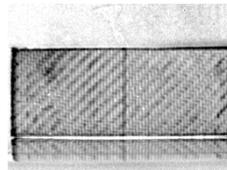
5. Ergebnisse d. Probenmessungen
5.2 Defektart **Faserbruch**

Messsystem:

- Modus d. Messsystems: Reflexion
- Anregungsquellen: zwei Halogenstrahler mit je 2,5kW
- Gewählte Modulationsfrequenzen: 0,5Hz; 0,2Hz; 0,1Hz

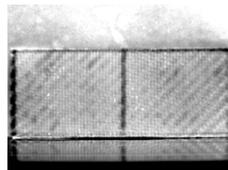
Phasensignatur bei

- 0,5Hz Modulationsfrequenz



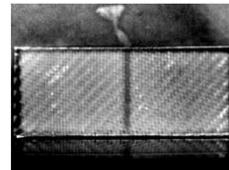
Phasensignatur bei

- 0,2Hz Modulationsfrequenz



Phasensignatur bei

- 0,1Hz Modulationsfrequenz



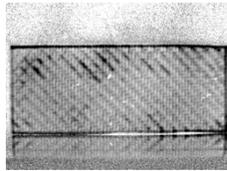
5. Ergebnisse d. Probenmessungen
5.3 Defektart **Faserknick**

Messsystem:

- Modus d. Messsystems: Reflexion
- Anregungsquellen: zwei Halogenstrahler mit je 2,5kW
- Gewählte Modulationsfrequenzen: 0,5Hz; 0,2Hz; 0,1Hz

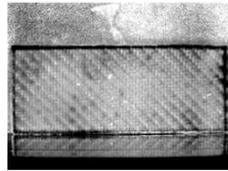
Phasensignatur bei

- 0,5Hz Modulationsfrequenz



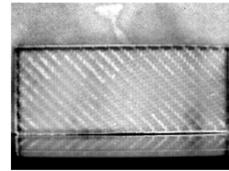
Phasensignatur bei

- 0,2Hz Modulationsfrequenz



Phasensignatur bei

- 0,1Hz Modulationsfrequenz



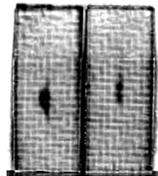
5. Ergebnisse d. Probenmessungen
5.4 Defektart **Faserverschiebung**

Messsystem:

- Modus d. Messsystems: Reflexion
- Anregungsquellen: zwei Halogenstrahler mit je 2,5kW
- Gewählte Modulationsfrequenzen: 0,5Hz; 0,2Hz; 0,1Hz

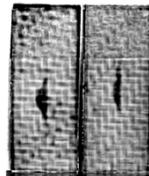
Phasensignatur bei

- 0,5Hz Modulationsfrequenz



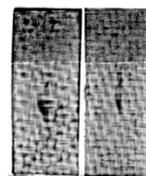
Phasensignatur bei

- 0,2Hz Modulationsfrequenz



Phasensignatur bei

- 0,1Hz Modulationsfrequenz



5. Ergebnisse d. Probenmessungen

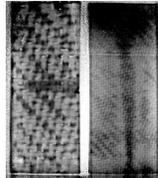
5.5 Matrix: **PA6 vs. PA66**

Messsystem:

- Modus d. Messsystems: Reflexion
- Anregungsquellen: zwei Halogenstrahler mit je 2,5kW
- Defektart: **Delamination**
- Gewählte Modulationsfrequenzen: 0,5Hz; 0,2Hz; 0,1Hz

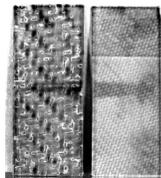
Phasensignatur bei

- 0,5Hz Modulationsfrequenz



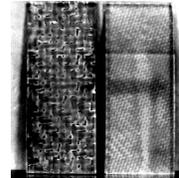
Phasensignatur bei

- 0,2Hz Modulationsfrequenz



Phasensignatur bei

- 0,1Hz Modulationsfrequenz



6. Fazit & Ausblick

Fazit:

- Mit Hilfe der optisch-angeregten Thermographie ist die Detektion von Defekten innerhalb des Aufbaus von FVK-Bauteilen hinreichend möglich
- Die Modulationsfrequenz der optischen Anregung korreliert dabei mit der Tiefenaufösung der Messung

Ausblick:

- „Ist es ein Defekt und welche Auswirkungen hat dieser auf die späteren Bauteileigenschaften?“
- Die Herausforderung, die Detektion und die Qualifizierung von Defekten zu kombinieren

Quelle: www.s3racing.de: Speeding Scientists Siegen



WE.MOVE.FUTURE.