

GENAU HINHÖREN LISTEN CLOSELY

Schadensereignisse in Faserkunststoffverbunden akustisch identifizieren

Schallemissionsanalyse für Faserkunststoffverbunde (FKV) steht im Fokus des vom BMWi geförderten Kooperationsprojekts „Listen2theSOURCE“. Dabei stellen die Projektpartner iNDTact GmbH und Institut für Verbundwerkstoffe (IVW) die oft vernachlässigten Einflüsse des Sensors und der Struktur in den Vordergrund der Untersuchungen.

Die Schallemissionsanalyse (SEA) ist eine Disziplin aus der zerstörungsfreien Prüfung, die Schäden anhand ihrer akustischen Emission detektiert und charakterisiert. Hier steckt die Information in der akustischen Welle, die durch das Schadensereignis im Werkstoff angeregt und von piezoelektrischen Sensoren auf der Bauteiloberfläche erfasst wird. Durch die Extraktion und Analyse von eindimensionalen Merkmalen aus dem Zeit- und Frequenzbereich der akustischen Emissionen lassen sich Ort sowie Art und Ausmaß des Schadens bestimmen.

Spezifische Schwierigkeiten

Die lange Übertragungskette (Abb. 1) macht diese Analyse jedoch zu einer Herausforderung, da die einzelnen Glieder die akustische Welle nicht merkmalsreu übertragen und damit die eigentliche Information aus der Quelle eventuell verschleiern. Ist das Übertragungsverhalten der Glieder unbekannt, können Fehlinterpretationen entstehen oder Informationen gar komplett verloren gehen.

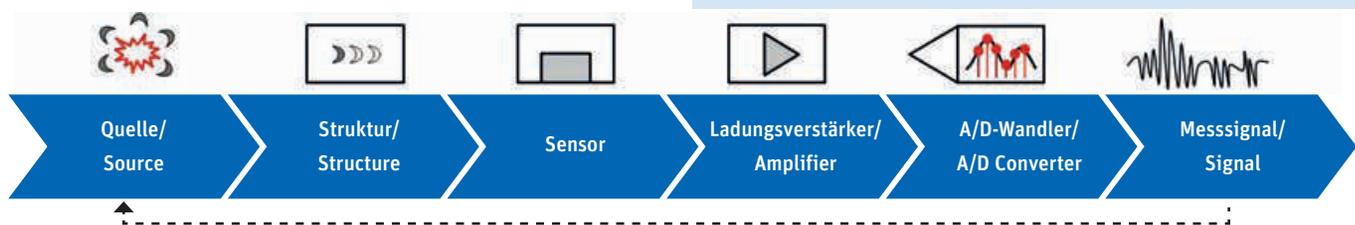


Abb. 1: Übertragungskette bei der Schallemissionsanalyse/ Fig. 1: Measurement chain of acoustic emission analysis

Daher berücksichtigt Listen2theSOURCE insbesondere die Übertragungscharakteristik von Sensor und Struktur der untersuchten Faserkunststoffverbunde (FKV). Ist sie bekannt, können Informationen in Teilen rekonstruiert werden, um zukünftig übertragbare Ergebnisse mit der SEA zu erhalten.

Mit der Weiterentwicklung der SEA zu einem zuverlässigen Werkzeug im Bereich der Materialcharakterisierung will Listen2theSOURCE wichtige Akzente für die Erfassung des Degradationsverhaltens von FKV setzen und damit Leichtbaupotenzial zurückgewinnen. Insbesondere sollen Faser- und Matrixbrüche akustisch identifizierbar und lokalisierbar werden, um deren Entstehung und Entwicklung über den Verlauf mechanischer Prüfungen beschreiben zu können.

Identify damaging events in fiber reinforced plastics based on their acoustics

The cooperative project “Listen2theSOURCE” founded by the Federal Ministry of Economic Affairs (BMWi) and executed by iNDTact GmbH and the Institute for Composite Materials, is about acoustic emission (AE) analysis for fiber reinforced plastics (FRP). In the center of attention are the often neglected influences of sensor and structure.

Acoustic emission (AE) analysis, a discipline from the field of non-destructive testing, detects and characterizes events of damage on the basis of their acoustic emissions. Hereby, the information is contained in an acoustic wave started by a damaging event inside the material and captured via piezoelectric sensors on the component's surface. Through the extraction and analysis of one-dimensional features from the time and frequency domain of the acoustic emissions it is possible to determine location, type and extent of the damage.

Specific difficulties

However, the long measurement chain (fig. 1) is a challenge for the analysis, since each link affects the characteristics of the acoustic wave and thereby disguises the original information given by the source. If the transfer characteristics of the links are unknown, misinterpretations or even the complete loss of information may be the consequences.

This is why Listen2theSOURCE focusses insistently on the characterization of selected links, e.g. of sensor and fiber reinforced plastics (FRP) structure, of the measurement chain in order to describe their influence on the features of acoustic waves.

Through the further development of AE analysis towards a reliable tool for material characterization of FRP, Listen2theSOURCE aims to set new standards in the acquisition of degradation behavior of FRP and thereby gain back some of its light weight potential. In particular, it should be possible to identify and locate matrix and fiber fracture based on their acoustic sounds in order to describe their initiation and development throughout mechanical tests.

Projektablauf

Die Grundlage für die Quantifizierung der genannten Einflussgrößen bildet ein Charakterisierungsmodul. Hier werden künstliche Schallquellen wie etwa Bleistiftminen eingesetzt, die – vergleichbar mit Schadensereignissen im Material – beim Bruch eine breitbandige akustische Welle erzeugen (Abb. 2). Durch Erfassen dieser künstlich erzeugten Wellen und Analyse ihrer Ausbreitung kann das Übertragungsverhalten von Material und Sensor beschrieben werden.

Kennt man diese Einflussgrößen können je nach Prüfaufgabe eine geeignete Prüfkonfiguration ermittelt und ausgewählte Merkmale der Quelle rekonstruiert werden, um von der Messkette unabhängige und übertragbare Charakteristika von Faser- und Matrixbrüchen zu erhalten. Erfasst werden diese akustischen Charakteristika im Rahmen von quasi-statischen Zugversuchen an FKV-Coupon-Proben mit begleitender SEA (Abb. 3). Hier werden durch Variation des Lagenaufbaus und der Belastungsrichtung beide Schadensarten gezielt erzeugt und akustisch erfasst.

In der SEA tauchen die unterschiedlichen Schäden in Form von akkumulierenden akustischen Ereignissen auf, die einander ähneln. Bei der Auftragung von zwei geschickt gewählten Merkmalen zeigen sich die Mechanismen in Form von Punktwolken oder Clustern (Abb. 4). Durch Abgleich mit dem tatsächlichen Schadensbild können die Cluster den Versagensmechanismen zugeordnet und die von Listen2theSOURCE vorgeschlagene Methodik validiert werden.

Weitere Informationen/Further information:

Dipl.-Ing. Benjamin Kelkel,
Tailored & Smart Composites,
Institut für Verbundwerkstoffe (IVW) GmbH,
Kaiserslautern,
+49 (0) 631 / 20 17-318,
benjamin.kelkel@ivw.uni-kl.de,
www.ivw.uni-kl.de

March 6-7-8, 2018
JEC WORLD
2018 The Leading International
Composites Show

Hall 5
E56

Course of project



Abb. 2: Bleistiftminenbruch, um eine breitbandige akustische Welle im Prüfobjekt zu erzeugen

Fig. 2: Carrying out a pencil lead break test to create a broad band acoustic wave inside the test object

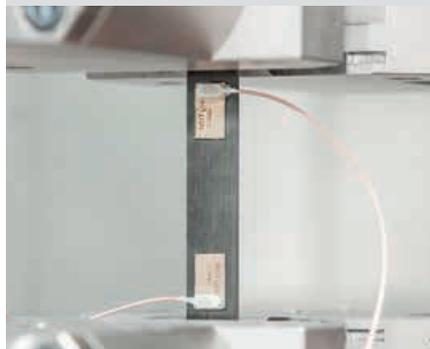


Abb. 3: Quasi-statischer Zugversuch an einer FKV-Probe mit begleitender SEA

Fig. 3: Quasi-static tensile test of a FRP coupon specimen with accompanying AE analysis

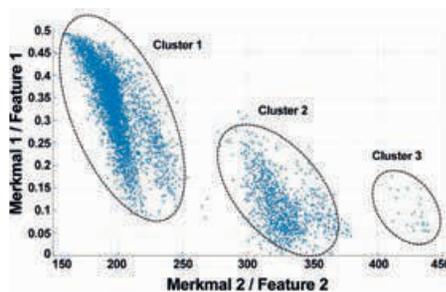


Abb. 4: Ausbildung von repräsentativen Clustern bei der Darstellung der akustischen Ereignisse während eines quasi-statischen Zugversuches einer FKV-Coupon-Probe

Fig. 4: Formation of representative clusters through visualization of acoustic events in terms of two features from their frequency spectrum

The foundation for the quantification of the influencing factors lies in a characterization module. Artificial sound sources such as a pencil lead are utilized in this context to create broad band acoustic waves in the moment of fracture, representing damaging events inside the material (fig. 2). Analysis of propagation and detection of these artificially created waves allows for the determination of the transfer characteristics of material and sensor.

With the knowledge of the influencing factors, depending on the testing task, an adequate setup can be found and selected features from the source can be reconstructed to obtain transferable characteristics of fiber and matrix fractures independently from the measurement chain. The acoustic characteristics are obtained through quasi-static tensile tests of coupon specimen with accompanying AE analysis (fig. 3). Through variation in layup and loading direction both types of damage are specifically created while their acoustics are simultaneously captured.

In AE analysis the different types of damage appear in form of accumulating acoustic events that are similar to each other. When visualizing these events in a diagram of two wisely chosen features, it shows the different types of damage in form of point clouds or clusters (fig. 4). By comparing the findings with the actual damage pattern the clusters can be assigned to the specific damaging events and the methodology of Listen2theSOURCE can be validated.

Das Projekt „Listen2theSOURCE – Entwicklung von Mess- und Auswertemodulen zur Identifizierung von faserverbundtypischen Schadensereignissen bei der Schallemissionsanalyse“ wird durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert (Förderkennzeichen ZF4052302WM5).

The project „Listen2theSOURCE – Development of measurement and evaluation modules for the identification of events of damage in fiber reinforced plastics via acoustic emission analysis“ is funded by the Federal Ministry of Economic Affairs on the basis of a decision by the German Bundestag (funding reference ZF4052302WM5).