



LB-ACOUSTICS

Messung von 3D-Verformung, Dehnung, Bewegung, Kontur

Das Verfahren der **digitalen Bildkorrelation** wird bereits seit mehr als 15 Jahren eingesetzt um flächenhaft und berührungslos Verformung und Dehnung auf Bauteiloberflächen zu messen. **LB-acoustics** beweist mit **Vic3D**, einem Produkt aus dem Hause **LIMESS**, ein weiteres Mal seine Kompetenz im Bereich der berührungslosen und zerstörungsfreien Materialprüfung.

Dabei werden bei definierten Belastungen (Zug-, Druck-, Torsions-, Biegeversuch) die Kraft und die Dehnung gemessen. Aus diesen Messgrößen werden Kraft-Dehnungs-Kurven und Materialparameter wie E-Modul, Poissonsahl oder komplexere Größen abgeleitet. Bei komplexen Belastungen und beliebigen Objektgeometrien ist Vic3D das Produkt der Wahl. Die gemessene Dehnungsverteilung erlaubt Aussagen über lokale Belastungsmaxima („hot spots“). Das Verfahren zeichnet sich insbesondere durch seine einfache Anwendung und Störungsunempfindlichkeit aus.

Die digitale Bildkorrelation

ist eine Methode zur Datenanalyse, die ein mathematisches Korrelationsverfahren verwendet, um digitale Bilder von Proben unter mechanischen (statisch oder dynamisch) oder thermischen Belastungen auszuwerten.

Die während des Tests aufgenommenen aufeinander folgenden Bilder der Objekt Oberfläche zeigen eine Änderung durch den Einfluss der aufgebrachten Belastung. Hierzu wird die Probe durch Aufbringen eines zufälligen Punktemusters (Specklemuster) auf die Oberfläche präpariert.

Vor der Belastungsänderung

wird von der Probe ein Referenzbild zur Aufzeichnung des Ausgangszustands des Fleckenmusters aufgenommen. Bei der Belastung wird die Objekt Oberfläche verformt und das Fleckenmuster entsprechend verschoben und verzerrt. Von den verformten Zuständen werden wiederum Bilder aufgenommen, die im Vergleich zum Referenz-

renzbild eine entsprechend verformte bzw. verschobene Fleckenverteilung aufweisen.

Durch die Verwendung eines Stereo-Kamerasystems können die Verschiebungen und Verzerrungen des Fleckenmusters

dreidimensional verfolgt werden und mittels Bildkorrelation die Verschiebung jedes Oberflächenpunktes für jeden Belastungszustand berechnet werden. Zusammen mit einer durch das System erfolgten Erfassung der Koordinaten der Oberflächenkontur lassen sich die Dehnungsverteilungen aus den gemessenen Verschiebungen berechnen und visualisieren.

Das Bildkorrelationsverfahren misst also indirekt die Verschiebung und Verformung der Bauteiloberfläche durch die Messung eines zufälligen Punktemusters auf der Objekt Oberfläche. Das Punktemuster wird meist mit Sprühfarbe aufgebracht oder kann ein natürliches Muster sein; es muss sich nur mit der Bauteiloberfläche verformen. Das Verfahren kann auf allen Materialien eingesetzt werden. Abbildung 1 zeigt ein Bauteil mit aufgespritztem Punktemuster im Referenzzustand bzw. bei Scherbelastung.

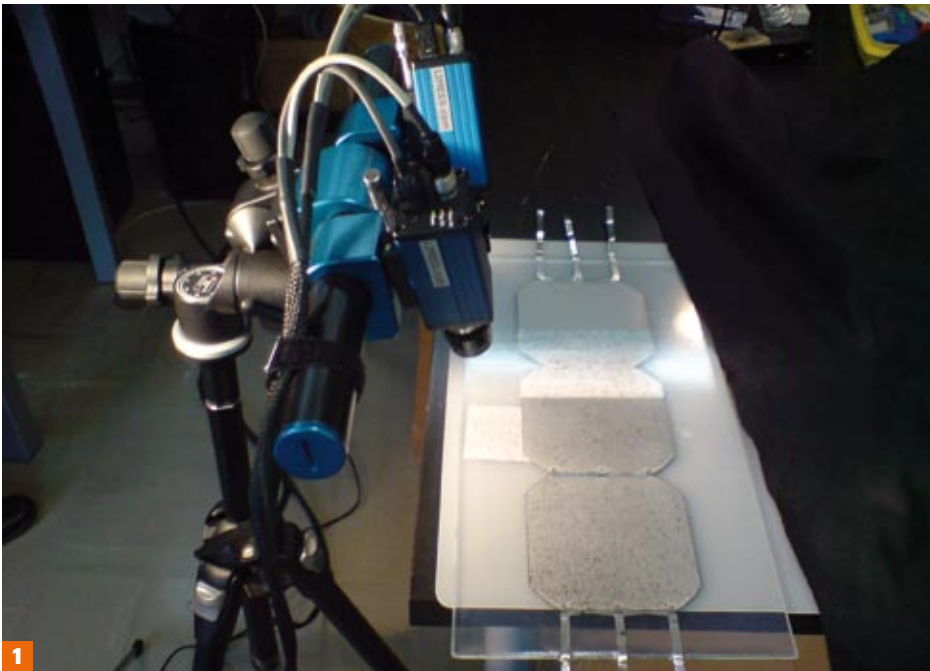
Durch die Integration modernster Algorithmik, hochauflösender Kameras und Mehrkernprozessor-Laptops wurde das Bildkorrelationssystem (Vic3D= video image correlation) konsequent zu einem hochpräzisen, einfach bedienbaren, mobilen und flexiblen Messwerkzeug entwickelt. Es wird überwiegend in der Materialprüfung und bei Komponententests bei Messfeldgrößen von 10 mm² bis 100 m² eingesetzt.

Bei Vic3D

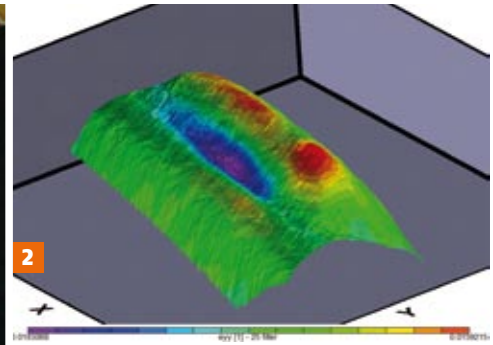
werden mit zwei digitalen Industriekameras stereoskopische Bilder des Objektes aus verschiedenen Winkeln aufgezeichnet.

Aus der Korrelation zwischen dem linken und rechten Kamerabild wird zunächst die 3D-Koordinate jedes Oberflächenpunktes berechnet (3D-Geometrie). Diese Stereokorrelation wird für den Ausgangs-





1



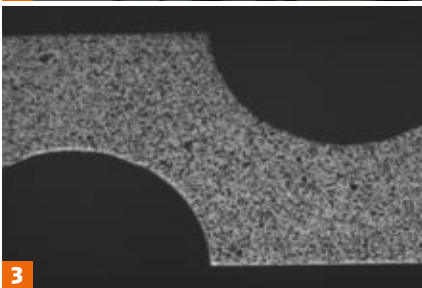
2

1 Verformungsmessung/Dehnungsmessung an Solarpaneelen bei wechselnder Temperaturbelastung mit Vic3D.

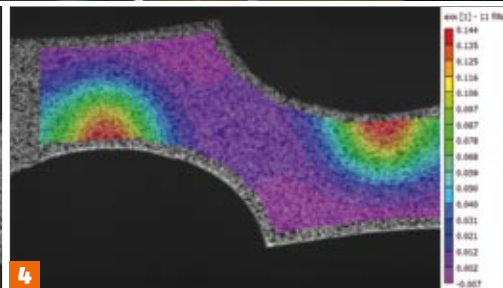
2 Gemessene Dehnungsverteilung auf einer Airbagabdeckung

3 Referenzbild und scherbelasteter Zustand eines Bauteils

4 Die mit Bildkorrelation gemessene horizontale Dehnungskomponente E_{xx} ist farblich überlagert dargestellt.



3



4

zustand und die verformten Zustände durchgeführt. Durch den Vergleich zwischen Referenzzustand und verformten Zuständen wird für jeden Oberflächenpunkt die 3D-Verschiebung (Verformung) und die 3D-Dehnung berechnet.

Ein Bildkorrelationssystem mit nur einer Kamera ist für Messungen an ebenen Bauteilen beschränkt. Mit zwei Kameras kann an beliebigen (optisch zugänglichen) Bauteilgeometrien gemessen werden. Darüber hinaus werden überlagerte Starrkörperbewegungen (z.B. Abstandänderung Bauteil-Objekt) bei einem Zweikamerasystem in der Dehnungsberechnung berücksichtigt.

Mit Bildkorrelation werden Subpixelgenauigkeiten von bis zu $1/100=0,01$ Pixel erreicht. Beim Einsatz einer 1 MPixel-Kamera entspricht dies z.B. $1\mu\text{m}$ bei einem 100×100 mm oder $10\mu\text{m}$ bei einem $1 \times 1\text{m}$ großen Messfeld. Es können Dehnungen von kleiner $0,01\%$ (= 200 $\mu\text{strains}$) bis $>500\%$ gemessen werden.

Hauptanwendungsgebiete von Vic3D

sind Materialprüfung und Komponententests. Bei der Materialprüfung wird eine

Zugprobe von einer Zugprüfmaschine definiert gedehnt. Die Probendehnung wird mit Vic3D gemessen und aus den erzeugten Kraft-Dehnungsdiagrammen werden Materialparameter wie z.B. der E-Modul berechnet. Die flächenhafte Dehnungsmessung (Dehnungsverteilung) zeigt auch den Ort des Probenversagens und es lassen sich Parameter wie z.B. Poissonzahl (Querkontraktionszahl) berechnen.

Bei Komponententests werden Bauteilkomponenten definiert belastet. Mittels Vic3D wird die Bauteilverformung bzw. Dehnungsverteilung gemessen. Die Ergebnisvisualisierung erlaubt das einfache Lo-



„Mit VIC 3D lassen sich innerhalb kürzester Zeit Materialparameter von Bauteilen bestimmen um diese in Bezug auf Materialaufwand und Kosten optimieren.“

ING. LEOPOLD ÖFFERL, LB-acoustics Messgeräte GmbH

kalisieren von Dehnungsmaximas d.h. von Bauteilschwachstellen. Häufig werden die Messergebnisse mit FEM-Simulationen verglichen um die zugrundeliegenden FEM-Modelle oder Materialparameter zu optimieren. Auch bei hochdynamischen Aufgaben Mittel der Wahl.

Neben quasistatischen Anwendungen werden auch hochdynamische Verformungsvorgänge wie Crashtests, Fußgängerschutztests oder Komponententests z.B. an Airbagabdeckungen und dynamische Motorhaubenverstellungen mit Vic3D durchgeführt. Für dynamische Vorgänge werden dazu Highspeed-Kameras eingesetzt und Messraten bis 500.000 Bilder / Sekunde erreicht.

Messungen bei periodischen Vorgängen können auch ohne Hochgeschwindigkeitskameras durchgeführt werden. Zur Schwingungsanalyse werden dazu die beiden statischen Kameras präzise phasenbezogen auf die Schwingung synchronisiert. Eine Modalanalyse ist quasi durch Messung der 3D-Bewegung bei verschiedenen Phasenlagen möglich. Die entwickelte Phasensynchronisierung arbeitet bis zu 50 kHz Anregungsfrequenz.

Das Vic3D-Verfahren

ist mittlerweile ein etabliertes Messsystem das bei unzähligen Anwendungen eingesetzt wird. Durch die flächenhafte Ergebnisvisualisierung wird eine hohe Aussagekraft erreicht. Ein Vic3D-System ist somit ein effizientes Werkzeug im Zusammenhang mit Bauteiloptimierung und der damit er-

hofften Kostenreduktion, beim Einsatz neuartiger Materialien (z.B. Composites) und durch neue Herstellungs- bzw. Fertigungsverfahren. *

- ▶ office@lb-acoustics.at
- ▶ www.lb-acoustics.at