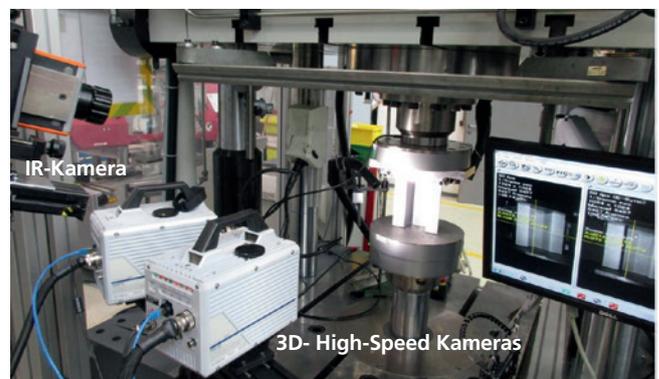


## CRASHBELASTUNGEN: KORRELATION DYNAMISCHER DEHNUNGSFELD- UND INFRAROTMESSUNGEN

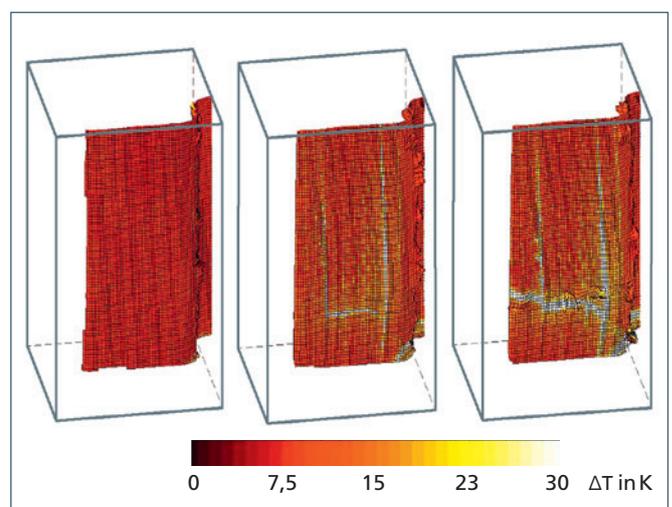
Der Fraunhofer-Verbund MATERIALS entwickelt im Zusammenhang von Industrie 4.0 das Konzept des Materials Data Space: Eine digitale Plattform soll alle relevanten Informationen von Werkstoffen und Bauteilen zur Verfügung stellen, um diese mit BigData-Methoden zu verarbeiten. Um die Methoden der Datenanalyse wie zum Beispiel Data Mining effektiv einzusetzen, müssen die Daten aufbereitet werden, was einen Anteil von bis zu 80 Prozent des Aufwands erfordert. Um diese Möglichkeiten in der Materialforschung zu nutzen und mehr als die Summe von parallelen Messungen zu erhalten, werden Feldinformationen aus Verschiebungs- und Temperaturmessungen während der Deformation räumlich und zeitlich korreliert.

### Ortsgenaue mechanische Materialdaten

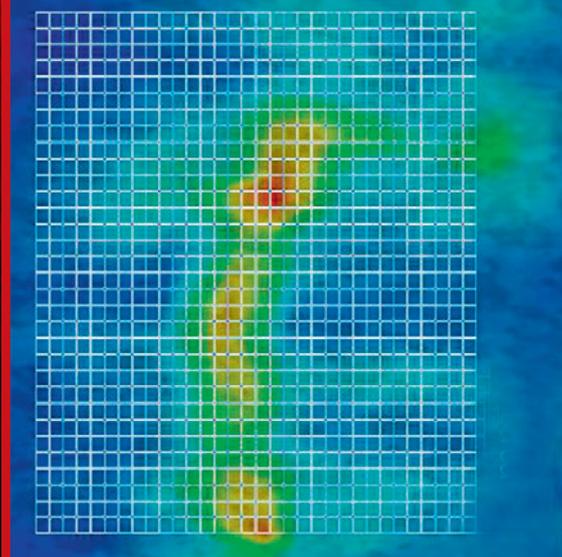
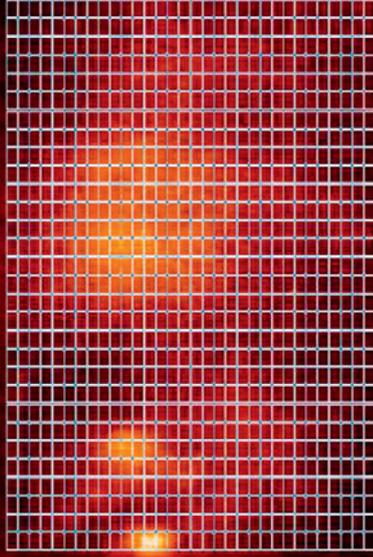
Die Gruppe Crashdynamik arbeitet aktuell daran, den Informationsgehalt aus den Untersuchungen des Werkstoffverhaltens bei Crashversuchen mit Einsatz digitaler Feldanalysen über deren Einzelaussagen hinaus zu erweitern. Für jeden Ort auf der Probe oder Bauteiloberfläche stehen nach der Datenverarbeitung Informationen über den aktuellen mechanischen und thermischen Zustand zur Verfügung. Die mechanischen Informationen kommen aus einer Grauwertkorrelation (DIC – Digital Image Correlation), die auf der Oberfläche Verschiebungen auswertet. Die thermischen Informationen werden durch transiente Infrarotmessungen gewonnen. Die daraus generierten zeit- und ortelektierten digitalen Datensätze lassen sich für eine Vielzahl von Analysen verwenden. Bisher waren viele dieser Untersuchungen auf die Auswertung angepasster Simulationen beschränkt. Mit der Feldkorrelation-Methode können beispielsweise Schädigungsentwicklungen in Form von Häufigkeitsanalysen lokaler Temperaturspitzen untersucht werden, die optisch an der Oberfläche nicht erkennbar sind. Ebenso können die thermomechanischen Eigenschaften des



1 Versuchsaufbau der High-Speed-Kameras (graue Kameras) zur Aufnahme einer dreidimensionalen Verformung mittels Grauwertkorrelation (DIC) und der High-Speed Infrarotkamera (orangene Kamera) zur Aufnahme der Temperaturinformationen.



2 Die Bildserie zeigt die thermomechanischen Eigenschaften eines CFK-Hutprofils bei einem Crushversuch. Farblich dargestellt sind die auf das Verschiebungsfeld korrelierten relativen Temperaturinformationen.



0,2mm

### 3 Infrarot- und Dehnungsfeld während eines Crashversuchs.

Werkstoffs für das gesamte Prüfvolumen bilanziert und daraus physikalisch basierte Modelle abgeleitet werden.

#### Zeit- und ortselektierte Auswertungen

In der Crashedynamik werden zur Abbildung des Verformungsverhaltens und zur Charakterisierung eines Werkstoffs oder Bauteils unter crashartigen Bedingungen Strahlungsemissionen im visuellen und infraroten Spektrum mit speziellen High-Speed-Kameras mit bis zu  $10^4$  und  $10^6$  Bildern pro Sekunde detektiert. Diese Informationen des Werkstoffverhaltens können wir momentan mit Versuchszeiten kleiner als 10 Millisekunden erheben. Dabei werden die Verformungs- und Temperaturinformationen zunächst unabhängig voneinander aufgenommen und später so korreliert, dass eine zwei- oder dreidimensionale digitale Abbildung des kompletten Versuchs zur Verfügung steht. Auf dieser Grundlage sind zeit- und ortselektierte Auswertungen und Analysen möglich.

Nach der Versuchsdurchführung werden Verformungs- und Temperaturdaten durch eine eigens entwickelte Auswerterroutine miteinander korreliert. Ein Beispiel für die Anwendung digitaler Feldmessung sind zum Beispiel Versuche an Hutprofilen, die zur Untersuchung des Crashverhaltens und der Energieabsorption verwendet werden. Abbildung 2 zeigt einen Crushversuch eines CFK-Hutprofils. Die digitale Feldmessung wurde hierbei eingesetzt, um die thermomechanischen Eigenschaften zu untersuchen und Rückschlüsse auf den Schädigungsablauf zu erhalten. Das zugrunde liegende schwarze Gitter trägt die Verformungsinformationen der 3D-Verschiebungsfeldmessung. Die auf das Verschiebungsfeld korrelierte Temperaturinformation aus der High-Speed-Infrarotmessung ist farbig dargestellt. Alternativ können auch verschiedene lokale Dehnungsinformationen dargestellt werden.

#### Mehrwert durch Nutzung der Datenräume

Anhand der korrelierten Verformungs- und Temperaturdaten aus den digitalen Feldmessungen ist eine Analyse möglich, die sich nicht nur auf den Versagenszeitpunkt des Werkstoffs beschränkt, sondern auch die transiente Schädigung quantifizierbar macht. Dies gibt Aufschlüsse über die Entstehung, Größe und Ausbreitung von Schädigungszonen in Werkstoffen oder Bauteilen. Unsere Methoden erlauben auch, die Umsetzung und den Abfluss umgesetzter Wärmeenergien während der Verformung und Schädigung auf lokaler und globaler Ebene zu betrachten. Adiabatische Zustände, die während der crashartigen Untersuchungen vorliegen, sind für uns von besonderem Interesse: Die freigesetzte Wärme hat keine Zeit im Werkstoff abzufließen und beeinflusst somit stark das Verformungs- und Schädigungsverhalten.

#### Simultan: globale und lokale Werkstoffanalysen

Die deutliche Steigerung der Informationsdichte durch die Feldanalyse ermöglicht simultan globale und lokale Untersuchungen und Analysen der Werkstoffe. Die digitale Informationsmatrix ermöglicht es, kontinuumsmechanische Bilanzgleichungen aufzustellen und zu lösen. Die Umsetzung von thermischer in mechanische Arbeit kann so qualifiziert werden und erlaubt Rückschlüsse auf Verformungs- und Schädigungsverhalten. Unser Ziel ist es, die Feldkorrelation als Grundlage für eine experimentell basierte Werkstoffmodellierung zu nutzen, um für unsere Kunden die Modellierung von Werkstoffen zur Auslegung von Bauteilen zu vereinfachen und zu optimieren.

Dominik Discher, Jörg Lienhard