

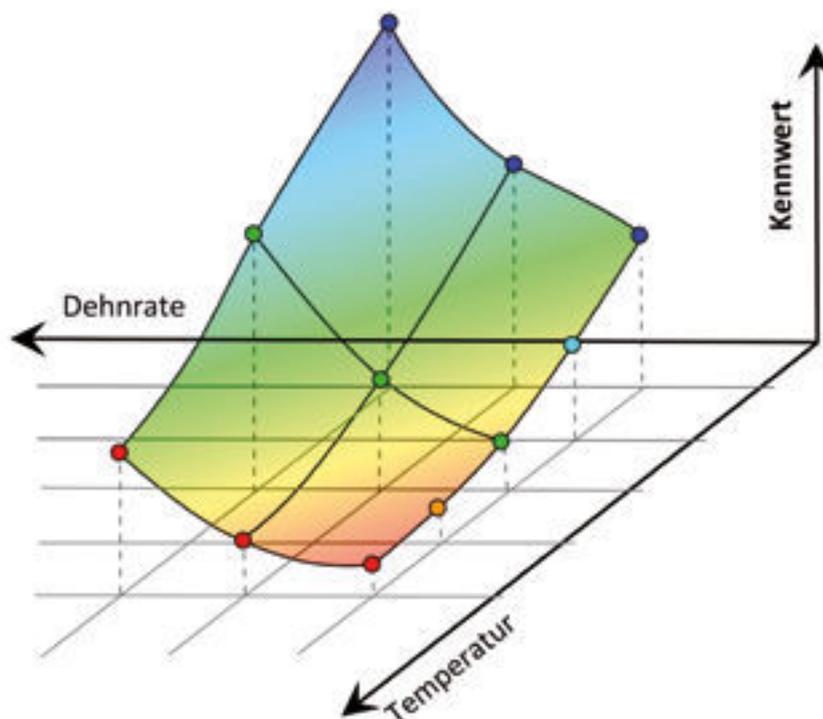
Mechanische Charakterisierung von Composites unter Berücksichtigung der Temperatur- und Dehnratenabhängigkeit

Durch die gezielte Weiterentwicklung von Prüfvorrichtungen und Auswertemethoden konnte das Prüflabor der Leichtbau-Zentrum Sachsen GmbH in enger Zusammenarbeit mit dem Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik eine Prüfmethodik entwickeln, die eine schnelle und effiziente Charakterisierung von Composites unter Berücksichtigung der Temperatur- und Dehnratenabhängigkeiten erlaubt. Durch die Verwendung der spezifischen Materialkennwerte bedeutet dies für den Anwender im Engineeringprozess einen erheblichen Vorteil bei der belastungsgerechten Auslegung von FKV-Komponenten.

Aufgrund des geringen Gewichts, der hohen Festigkeiten sowie der hervorragenden Crash- und Impacteigenschaften sind glas- oder kohlenstofffaserverstärkte Kunststoffe für Anwendungen in der Luft- und Raumfahrt sowie in der Automobilindustrie besonders attraktiv. Composites weisen allerdings oft eine starke Dehnraten- und Temperaturabhängigkeit der mechanischen Kennwerte auf, die im frühen Engineeringprozess berücksichtigt werden sollte, um eine möglichst beanspruchungsgerechte Auslegung zu gewährleisten.

Aktuell wird die Dehnratenabhängigkeit der Zug-, Druck- und Schubkennwerte von Composites oft nur in Versuchsserien bei Raumtemperatur mit verschiedenen Belastungsgeschwindigkeiten ermittelt. Die Temperaturabhängigkeit wird äquivalent lediglich in quasi-statischen Versuchen bei diskreten Temperaturniveaus bestimmt. Diese Prüfpraxis vernachlässigt jedoch die Interaktion der Dehnraten- und Temperaturabhängigkeiten der spezifischen anisotropen Materialkennwerte. Der Mangel an vertrauenswürdigen Versuchsdaten führt daher oft zu einer eher konservativen Auslegung von Bauteilen, welche das enorme Potenzial von Composites gerade zu vergeuden. Die durch das Prüflabor der Leichtbau-Zentrum Sachsen GmbH in enger Zusammenarbeit mit dem Institut für Leichtbau- und Kunststofftechnik entwickelte Prüfmethodik ermöglicht die Durchführung von Versuchen bei frei kombinierbaren Versuchsrandbedingungen wie Prüfgeschwindigkeit und Prüftemperatur.

Hierfür wurde eine Temperierkammer entwickelt, die in Kombination mit einer servohydraulischen Prüfmaschine die Durchführung von Versuchen mit Prüfgeschwindigkeiten von 0,0001 m/s bis 10 m/s bei Prüftemperaturen von -50 °C bis aktuell ca. 200 °C unter Zuhilfenahme von optischer Messtechnik erlaubt. Auf die Mög-



Beispielhafte Darstellung eines ermittelten dehnraten- und temperaturabhängigen Kennwertfeldes

lichkeit der Verwendung von optischen Messmethoden wurde besonders großer Wert gelegt, da dies essenziell für die Ermittlung von Dehnungsfeldern und damit -kennkurven bei hochdynamischen Versuchen ist. Mit Hilfe der durch Hochgeschwindigkeitskameras aufgezeichneten Bilder können weiterführend qualitative Analysen durchgeführt werden, die zu Rückschlüssen auf relevante Versagens- und Schädigungsphänomene führen.

Zudem wurden die spezifischen Anforderungen an temperatur- und dehnratenabhängige Prüfungen auf alle für eine klassische mechanische Materialcharakterisierung relevanten Prüfvorrichtungen übertragen und sukzessive Neu- und Weiterentwicklungen durchgeführt. Dies erlaubt die schnelle und effiziente Ermittlung von Basiskennwerten in Zug-, Druck- und Schubversuchen. Des

Weiteren können 3-Punkt- und 4-Punkt-Biegeversuche sowie Durchstoßversuche für die Validierung von Versuchsdaten durchgeführt werden. Spezielles Augenmerk wurde bei der Weiterentwicklung von Prüfvorrichtungen auf Modularität gelegt. Besonders im Bereich der Kennwertermittlung von Faser-Kunststoff-Verbunden ist häufig mit variierenden Prüfkörpergeometrien sowie Versuchsparametern zu rechnen. Die modifizierten Prüfvorrichtungen können diese werkstoff- und versuchsspezifischen Anforderungen berücksichtigen und decken stufenlos klar definierte Bereiche ab.

Aufgrund der Anisotropie von FKV-Werkstoffen ist erfahrungsgemäß eine sehr hohe Anzahl von Versuchen notwendig, um alle Steifigkeits- und Festigkeitskennwerte, die für eine adäquate Beschreibung des Werkstoffverhaltens in numerischen Modellen benötigt

werden, zu ermitteln. Die zusätzliche Berücksichtigung der Temperatur- und Dehnratenabhängigkeit kann schnell zu unverhältnismäßig hohem Kosten- und Zeitaufwand führen. Um den Versuchsaufwand zu reduzieren, wurden bereits verifizierte mechanische Modelle zur Beschreibung der Temperatur- und Dehnratenabhängigkeit miteinander gekoppelt, um die werkstoffspezifischen Kennwertfelder mit Hilfe weniger Modellparameter zu beschreiben. Mithilfe dieser Modelle kann der Versuchsaufwand auf wenige Stützstellen reduziert werden sowie Materialkennwerte für jede beliebige Temperatur-Dehnratenstützstelle innerhalb eines definierten Bereichs ermittelt werden.

Weitere Informationen:

Dipl.-Ing. Ralph Bochynek,

Gruppenleiter Testing,
Leichtbau-Zentrum Sachsen GmbH,
Dresden,

Telefon +49 (0) 3 51/ 46 33 87 43,

E-Mail: bochynek@lzs-dd.de,

www.lzs-dd.de

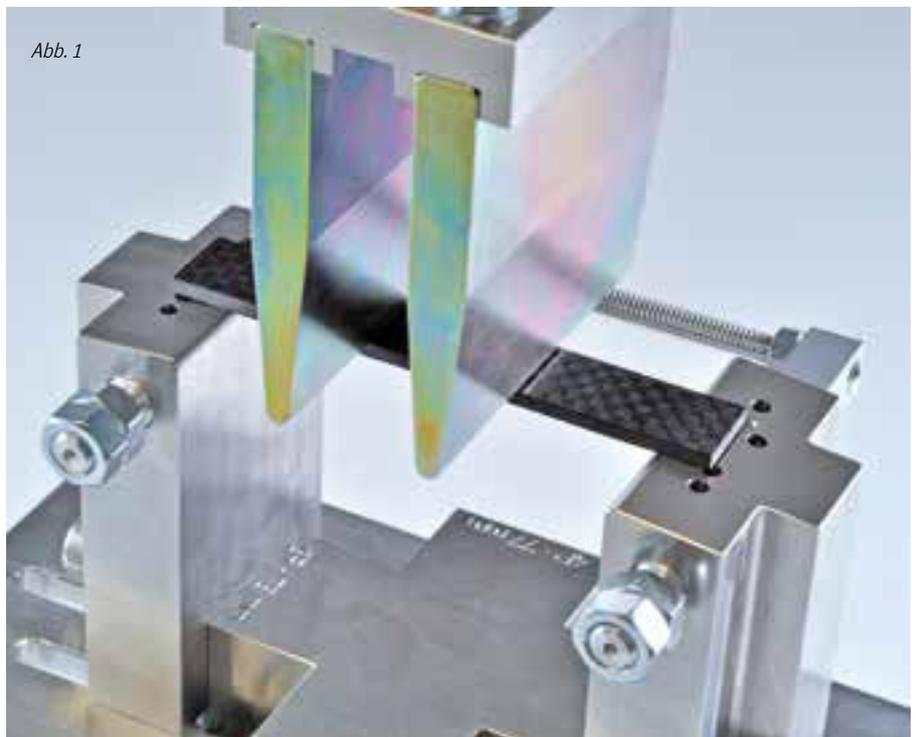


Abb. 1

Angepasste Prüfvorrichtungen für dehnraten- und temperaturabhängige Materialcharakterisierungen: 4-Punkt-Biegung (Abb. 1), Zug (Abb. 2), Schub (Abb. 3) und Durchstoß (Abb. 4)



Abb. 2



Abb. 3



Abb. 4