



*Ansprechpartner*

Dr. Monika Gall | Telefon +49 761 5142-218 | monika.gall@iw.fraunhofer.de  
PD Dr. Jörg Hohe | Telefon +49 761 5142-340 | joerg.hohe@iw.fraunhofer.de

## ERMÜDUNGSVERHALTEN FASERVERSTÄRKTER KOMPOSIT-MATERIALIEN

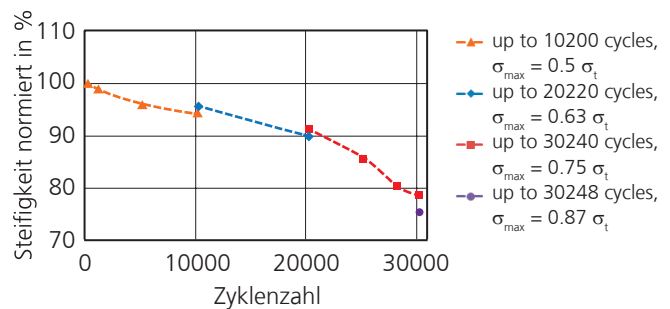
Aufgrund ihrer hohen spezifischen Steifigkeit und Festigkeit bieten faserverstärkte Kunststoffe (FVK) interessante Möglichkeiten zum Struktur-Leichtbau. Um das Potential zur Gewichts- einsparung optimal auszunutzen ist eine zuverlässige Methodik zur sicheren und gleichzeitig materialeffizienten Auslegung des Trag- und Versagensverhaltens eines FVK-Bauteils über seine gesamte Lebensdauer nötig.

### Wissenschaftliche und technische Fragestellungen

Im Allgemeinen wird faserverstärkten Kunststoffen ein günstiges Verhalten unter zyklischen Betriebslasten bestätigt, insbesondere wirken sich Effekte wie Spannungsumlagerung positiv auf das Lebensdauerverhalten aus. Anders als bei Metallen tritt bei FVK aufgrund der Inhomogenitäts- und Anisotropieeigenschaften schon nach geringen Zyklenzahlen eine initiale Steifigkeitsdegradation durch Mikrorissbildung auf. In der Regel folgt darauf ein langandauernder Bereich mit relativ stabilem Steifigkeits- und Festigkeitsverhalten und endgültiges Versagen tritt erst nach hohen Zyklenzahlen ein. Die belastungsabhängige, material- typische Steifigkeits- und Festigkeitsänderung wird am Fraunhofer IWM experimentell charakterisiert (Abbildung 1 und 2) und mit geeigneten Modellen beschrieben, die eine Vorhersage des veränderlichen Tragverhaltens und der Lebensdauer erlauben.



1 Unidirektional verstärkte CFK-Probe nach 25000 Zyklen Zugbelastung, davon 5000 bei bis zu 75 % der quasistatischen Materialfestigkeit.



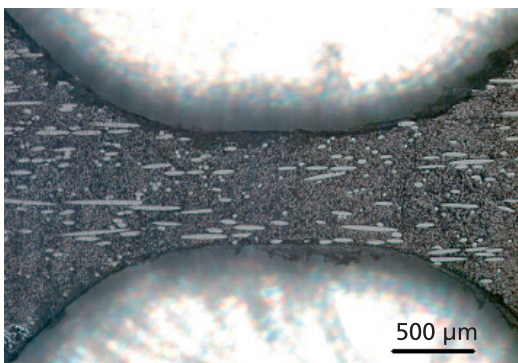
2 Steifigkeitsänderung einer unidirektional verstärkten CFK-Probe unter zyklischer Zugbelastung mit stufenweise erhöhter maximaler Spannung.

### Charakterisierung und Modellierung des Ermüdungsverhaltens

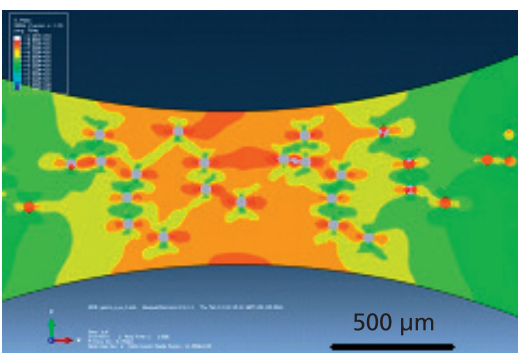
Für die Charakterisierung des Ermüdungsverhaltens steht eine große Bandbreite an Prüfmöglichkeiten für alle Arten von Komposit-Materialien zur Verfügung, vom zyklischen Mikrozugtest (Abbildung 3) bis zum Dauerschwingversuch mit mehreren hundert kN Oberlast sowie die Möglichkeit zur Einstellung spezieller Feuchtigkeits- und Temperaturbedingungen. Zur Simulation des Ermüdungsverhaltens können, je nach Anforderung, Modelle mit unterschiedlichem Detaillierungsgrad zum Einsatz kommen. Bei einem feststehenden Laminataufbau bieten auf experimentell ermittelten S-N-Kurven basierende Lebensdauermodelle eine Möglichkeit zur direkten Analyse der Lebensdauer bis zum Erreichen eines angesetzten Versagenskriteriums. Erweiterte, übertragbare Modelle beschreiben den Schädigungsfortschritt mechanismen- basiert mit der Akkumulation verschiedener Schädigungsparameter für Matrixschädigung, Faserzug- oder Druckversagen bzw. Grenzflächenversagen zwischen Faser und Matrix.

Zur besonders detaillierten Untersuchung des Zusammenhangs zwischen mikrostrukturbasierten Schädigungseffekten und makroskopischem Degradationsverhalten stehen am Fraunhofer

IWM spezielle FEM-Tools zur Mikrostrukturmodellierung (Abbildung 4) zur Verfügung. Die experimentellen Untersuchungen und numerischen Lösungsansätze werden immer auf die speziellen Anforderungen abgestimmt, um auf effektive Weise zuverlässige Ergebnisse zu erhalten.



3 Mikromechanischer Zugversuch an pultrudierten Kompositen:  
Faserstruktur im Analysebereich der Probe.



4 FEM Spannungsanalyse an pultrudierter Composite-Probe  
mit transversaler Faserorientierung.

### Danksagung

Laufende experimentelle und numerische Untersuchungen zum Ermüdungsverhalten gewickelter CFK-Behälter werden im Rahmen des Projekts HyMod durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie BMWi gefördert (Förderkennzeichen 03ET6013).

