



## AUF EINEN BLICK

- Partner: Transfercenter für Kunststofftechnik GmbH; PCCL GmbH
- Strategisches Projekt (Dissertation)

Ansprechpartnerin:  
Dr. Julia Maier  
julia.maier@unileoben.ac.at  
+43 3842 402 2136



## Ansätze zur rechnerischen Lebensdauerabschätzung endlosfaserverstärkter Kunststoffe

Approaches for analytical fatigue-life estimation of continuously fibre reinforced composites

Endlosfaserverstärkten Verbundwerkstoffen erschließt sich durch ihre herausragenden Eigenschaften und ihr Leichtbaupotenzial eine Vielzahl an Anwendungen, beispielsweise in der Automobil- oder Flugzeugindustrie. In den meisten Fällen sind diese Werkstoffe hohen mechanischen Lasten, oft auch zyklischen, ausgesetzt. Die durch die wirkenden zyklischen Lasten hervorgerufene Materialermüdung geht meist mit einer Abnahme der mechanischen Eigenschaften einher. Um diesen Phänomenen Rechnung zu tragen, wurde in den letzten Jahren verstärkt das Ermüdungsverhalten endlosfaserverstärkter Werkstoffe untersucht. Ziel dieser Untersuchungen ist oft, den experimentellen Aufwand zu verringern, indem eine rechnerische Abschätzung der zu erwartenden Lebensdauer ermöglicht wird. Zur Beschreibung und Abschätzung der Lebensdauer sind verschiedene Ansätze bekannt. Am weitesten verbreitet ist durch die Verwendung bei der Charakterisierung metallischer Werkstoffe der festigkeitsbasierte Ansatz der Wöhlerlinien.

Bei endlosfaserverstärkten Verbundwerkstoffen ist darüber hinaus bekannt, dass zusätzlich zur Festigkeitsabnahme auch die mechanische Steifigkeit kontinuierlich degradiert. Die Steifigkeitsabnahme wird durch komplexe Schädigungsmechanismen, die stark sowohl vom Aufbau und den Richtungen der Fasern im Werkstoff als auch von der aufgetragenen Last, dem Faservolumengehalt und anderen Faktoren abhängen, verursacht. Folglich bietet sich für endlosfaserverstärkte Werkstoffe die Möglichkeit, Ermüdung nicht nur über die Festigkeit zum Zeitpunkt des Versagens (Wöhlerlinien), sondern auch über den Steifigkeitsverlauf vor dem Versagen zu charakterisieren. Um den Einfluss verschiedenster Parameter auf das Schädigungsverhalten unidirektionaler und multidirektionaler Lamine zu charakterisieren, wurden in diesem Projekt umfangreiche Untersuchungen der Bruchflächen und Schädigungsmechanismen in diesem Projekt durchgeführt. Zur steifigkeitsbasierten Lebensdauerabschätzung von endlosfaserverstärkten Verbundwerkstoffen wurde die klassische Laminattheorie, die bisher nur für quasi-statische Lasten verwendet werden konnte, für Ermüdungsbeanspruchung erweitert. Die daraus ermittelten Ergebnisse wurden jenen aus einer Wöhlerlinien-basierten Ermüdungssoftware gegenübergestellt und diskutiert.

Due to their outstanding properties, continuously fibre-reinforced composites offer the potential of being used as lightweight structures in applications in the aircraft or automotive industry. In most of these applications composite materials are exposed to high mechanical loads which may also be cyclic. Under cyclic loading, fatigue occurs which usually involves a decrease of mechanical properties caused by progressing material damage. In order to address these phenomena, a lot of research regarding the fatigue behaviour of composite materials was performed during the last decades. One main objective of fatigue investigations is often the reduction of experimental test time by introducing models to estimate the expected fatigue-life for which different approaches are known. One widespread approach is the strength-based fatigue characterisation by using S-N curves or so-called Wöhler lines.

During fatigue-life not only the strength, but also the mechanical stiffness of continuously fibre-reinforced composites decreases continuously. The loss of stiffness is usually initiated and driven by a series of complex damage mechanisms which highly depend on the inner structure of the material, the direction of reinforcing fibres, the applied load amplitude, the fibre volume fraction and other factors. Therefore, it is possible to describe the fatigue of composite materials not only by one single event, e.g. failure in S-N curves, but also by the decreasing stiffness prior to separation of the material. In order to investigate the influence of different parameters on the unique damage behaviour of unidirectional and multi-directional laminates, fracture surfaces and damage mechanisms were comprehensively characterised in this project. A stiffness-based model for the fatigue-life estimation was developed based on the classical laminate theory which has been available only for quasi-static loads so far. The obtained results were compared to a strength-based prediction software routine and discussed in detail.