

# Charakterisierung des in-situ Effekts an Cross-Ply Laminaten

## Characterising the in-situ effect on cross-ply laminates

Um abzuschätzen, ob eine Belastung zum Versagen eines Bauteils führt, ist die Definition von Versagenskriterien essenziell. Für faserverstärkte Kunststoff- (FVK) Laminat müssen aufgrund ihrer Anisotropie Versagenskriterien abhängig von der Belastungsrichtung relativ zur Faserrichtung definiert werden. Ein für FVK Laminat häufig verwendetes Versagenskriterium ist das Puck-Kriterium, das zwischen Faserbruch und Zwischenfaserbruch unterscheidet. Um die für die Definition des Kriteriums benötigten Festigkeitswerte zu bestimmen, sind neben Versuchen zur Bestimmung der Schubfestigkeit außerdem Versuche zur Bestimmung der Festigkeiten in und quer zur Faserrichtung notwendig. Diese werden typischerweise an unidirektionalen (UD) Laminat-Proben durchgeführt. Das so aufgestellte Versagenskriterium wird in weiterer Folge verwendet um das Versagen einer im Bauteil eingebetteten Einzelschicht zu beurteilen.

Neben der Belastungsrichtung relativ zur Faserrichtung, kann sich in multidirektionalen Laminaten auch der Lagenaufbau auf das Versagen auswirken. Genauer gesagt können Einzellagen, die in einem multidirektionalen Laminat eingebettet sind, eine höhere Festigkeit haben als dieselben Einzellagen in einem UD Laminat. Dieses Phänomen bezeichnet man als in-situ Effekt. In weiterer Folge wird die Festigkeit von eingebetteten Lagen als in-situ Festigkeit bezeichnet. Da in Bauteilen Einzellagen zumeist in einem multidirektionalen Lagenaufbau eingebettet sind, ist es essenziell typischerweise auf Tests an UD Laminat-Proben basierende Versagenskriterien dementsprechend zu adaptieren.

Im Rahmen des Projekts wurde der in-situ Effekt an Cross-Ply Laminaten mit einem  $(0^\circ/90^\circ_n/0^\circ)$  Lagenaufbau untersucht. Um das Versagen der eingebetteten  $90^\circ$  Lagen, und somit ihre in-situ Festigkeit zu bestimmen, wurde unter anderem

die Schallemissions-Analyse (SE-Analyse) eingesetzt.

To assess whether a load will lead to the failure of a component, the definition of failure criteria is essential. For fiber reinforced polymer (FRP) laminates, failure criteria must be defined depending on the loading direction relative to the fiber orientation due to their anisotropy.

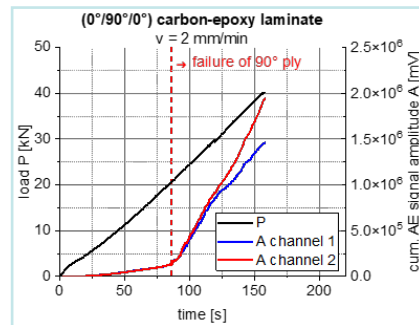


Abb. 1: Erhöhte SE-Aktivität bei Versagen der eingebetteten  $90^\circ$  Lage  
Fig. 1: Increased AE activity at the point of failure of embedded  $90^\circ$  ply

A commonly used failure criterion for FRP laminates is the Puck criterion, which distinguishes between fiber and inter-fiber failure. In order to determine the strength values required for defining the criterion, tests to determine shear strength, as well as tests to determine the strengths in and transverse to the fiber direction, are necessary. The latter are typically carried out on unidirectional (UD) laminate specimens. The so obtained failure criterion is subsequently used to assess the failure of an individual ply embedded in a component.

In addition to the loading direction relative to the fibre orientation, the laminate layup may also affect failure in multidirectional laminates. Specifically, individual plies embedded in a multidirectional laminate may have a higher strength than the same plies in a UD laminate.

This phenomenon is referred to as the in-situ effect. Consequently, the strength of embedded plies is called in-situ strength. Since individual plies in components are usually embedded in a multidirectional layout, it is essential to adapt failure criteria, typically based on tests on UD laminate specimens, accordingly.

In this project, the in-situ effect was investigated on cross-ply laminates with a  $(0^\circ/90^\circ_n/0^\circ)$  layout. To de-

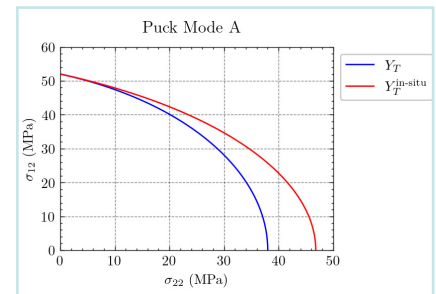


Abb. 1: Puck Mode A Versagenskurve mit und ohne Berücksichtigung des in-situ Effekts / Fig. 1: Puck Mode A failure envelope with and without considering the in-situ effect

termine the failure of the embedded  $90^\circ$  plies and thus their in-situ strength, methods such as acoustic emission analysis (AE analysis) were used. ▲

### at a glance & contact

**Projectname:** Charakterisierung des in-situ Effekts an Cross-Ply Laminaten mittels optischer Rissdetektion und Schallemissionsanalyse

**Funding:** CU Austria

**Partners:** MUL-KKV / WPK



**Dipl.-Ing. Maria Gferrer**

maria.gferrer@unileoben.ac.at

+43 3842 402 2128